



COURRIER CERN, revue de physique des hautes énergies publiée mensuellement en français et en anglais.

Des exemplaires peuvent être obtenus sur demande à:

Allemagne, République fédérale:

I. Schuetz, Mme
DESY, Notkestieg 1, 2 Hamburg 52

France:

M.S. Detoeuf, Mme
IN2P3, 11, rue Pierre et Marie Curie
75231 Paris Cédex 05

Italie:

INFN, Casella Postale 56, 00044 Frascati
(Roma)

Royaume-Uni:

Elizabeth Marsh
Rutherford Laboratory, Chilton, Didcot,
Oxfordshire OX11 0QX

USA/Canada:

Margaret Pearson,
Fermilab, PO Box 500, Batavia
Illinois 60510

Autres pays:

Marie-Jeanne Blazianu
CERN, 1211 Genève 23, Suisse

Correspondants dans les Laboratoires:

Argonne, Laboratoire national (USA)

Ch.E.W. Ward

Berkeley, Laboratoire Lawrence (USA)

W. Carithers

Brookhaven, Laboratoire national (USA)

J. Spiro

Cornell, Université (USA)

N. Mistry

Daresbury, Laboratoire (RU)

J. Bailey

DESY, Laboratoire (RFA)

I. Dammann

Fermi, Laboratoire de l'accélérateur national (USA)

R.A. Carrigan

Frascati, Laboratoire national (I)

M. Ghigo

GSI, Société pour l'étude des ions lourds,
Darmstadt (RFA)

H. Prange

IEKP, Institut de physique nucléaire expé-
rimentale, Karlsruhe (RFA)

F. Arendt

INFN, Institut national de physique nucléaire
(I)

A. Pascolini

IURN, Institut unifié de recherches nucléaires,
Dobruia (URSS)

V.A. Biryukov

KEK, Laboratoire national (J)

K. Kikuchi

Los Alamos, Laboratoire scientifique (USA)

L. Agnew

Novosibirsk, Institut (URSS)

V. Balakin

Orsay, Laboratoire (F)

J.E. Augustin

Rutherford, Laboratoire (RU)

G. Stapleton

Saclay, Centre d'études nucléaires (F)

A. Zylberstein

SIN Villigen (CH)

G.H. Eaton

Stanford, Centre de l'accélérateur linéaire
(USA)

L. Keller

TRIUMF, Laboratoire (Canada)

M.K. Craddock

Rédacteur en chef: Brian Southworth

Rédacteur: Henri-Luc Felder

Annonces: Micheline Falciola

Imprimé par: Presses Centrales Lausanne
SA

1002 Lausanne (CH)

Merrill Printing Company
765 North York, Hinsdale,
Illinois, 60521 USA

Publié par: Organisation européenne
pour la recherche nucléaire,
CERN, 1211 Genève 23,
Suisse
Tél. (022) 41 98 11
Télex 23698

Sommaire

Le refroidissement du faisceau — Une nouvelle technique pour les accélérateurs	423
<i>Description de techniques de refroidissement qui semblent offrir de larges perspectives pour l'amélioration de la qualité des faisceaux accélérés, étude de leurs applications possibles pour des installations à faisceaux en collision</i>	
Rayonnement synchrotronique: Installations aux USA	425
<i>Recommandations d'un groupe qui a analysé les futurs besoins en installations de rayonnement synchrotronique aux USA, brève description de trois projets actuellement en cours</i>	
Nouvelles des Laboratoires	
LABORATOIRE FERMI: Trace d'une particule charmée	427
<i>Trace résultant probablement du passage d'une particule charmée, observée dans une émulsion nucléaire irradiée par des neutrinos</i>	
LOS ALAMOS: Des jours heureux pour le LAMPF	428
<i>Nouvelles d'une réunion d'utilisateurs au cours de laquelle ont été évoqués les progrès concernant l'exploitation de la machine à protons de 800 MeV et son programme expérimental</i>	
Le CERN fait de la radiobiologie au SIN	430
<i>Des expériences avec le cyclotron suisse permettent de poursuivre l'étude des effets biologiques d'irradiations par des pions négatifs</i>	
MICHIGAN: Projet d'ions lourds	431
<i>Schéma de couplage de deux cyclotrons supraconducteurs en vue de l'accélération d'ions lourds jusqu'à des énergies permettant d'explorer de nouveaux domaines de la physique nucléaire</i>	
Centro Nazionale Analisi Fotogrammi	433
<i>Le centre italien pour l'analyse des films de chambres à bulles se transforme et améliore son système d'étude des films de BEBC</i>	
ARGONNE: Programme de recherches avec des protons polarisés	434
<i>Analyse des travaux effectués avec les faisceaux de protons polarisés, actuellement le thème principal des recherches avec le ZGS</i>	
RUTHERFORD: Détecteurs en biomédecine	436
<i>Des chambres proportionnelles multifils, associées à une installation de calcul électronique, sont essayées en vue de leurs applications en biomédecine, en utilisant des faisceaux de rayons X</i>	
DESY: Fête sur le chantier de PETRA	437
<i>Progrès de la construction de l'anneau à électrons-positons de 19 GeV; le tunnel est virtuellement achevé</i>	
Nouvelles brèves	439
Un point de vue	441
<i>Léon Van Hove, directeur général de la recherche au CERN, donne son point de vue personnel sur une stratégie pour le choix et l'exploitation des futurs grands accélérateurs</i>	

Photographie de couverture: Ce lot de chambres à vide en aluminium est destiné aux anneaux de stockage à électrons-positons PETRA en cours de construction au Laboratoire DESY. La forme particulière des chambres s'explique par la nécessité de disposer de quatre canaux (pour le faisceau, les pompes ioniques à pulvérisation, le refroidissement par eau et les éléments d'étuvage). Nous avons pensé que cette vue, assez insolite, de chambres à vide du Laboratoire DESY était tout indiquée pour la page de couverture sur laquelle s'achève le volume du COURRIER CERN pour l'année. La construction de PETRA s'est poursuivie avec une rapidité et un dynamisme qui ont été l'un des aspects les plus réconfortants de la physique des hautes énergies en 1976. (Photo DESY)

Le refroidissement du faisceau

Il a été beaucoup question récemment d'une nouvelle technique de manipulation des faisceaux de particules à haute énergie, appelée « refroidissement ». Elle permet d'améliorer considérablement la qualité d'un faisceau accéléré, formé de protons, anti-protons ou ions lourds, et elle ouvre de larges perspectives pour l'emploi des faisceaux de haute énergie. (La nature nous offre gratuitement le refroidissement des faisceaux d'électrons à haute énergie, grâce au rayonnement synchrotronique.)

La technique se présente sous deux aspects :

- le refroidissement par électrons, qui a fourni des résultats spectaculaires à Novosibirsk ;
- le refroidissement stochastique, qui est continuellement amélioré au CERN.

Dans les deux cas, l'analyse mathématique est très compliquée, mais en nous aidant de quelques généralisations, nous pouvons tenter d'exposer les principes fondamentaux de ces techniques. Dans ce monde imparfait, les particules présentes dans un faisceau accéléré ont des vitesses très diverses qui se répartissent autour de la vitesse recherchée. Nous disons que le faisceau présente une dispersion en impulsion ($\text{masse} \times \text{vitesse}$) et, étant donné que l'impulsion conditionne le rayon de courbure de la trajectoire d'une particule dans un champ magnétique, cette dispersion fait que les particules se déplacent suivant des trajectoires de rayons légèrement différents dans un anneau équipé d'aimants. Elle contribue donc ainsi à l'existence de dimensions finies pour tout faisceau de particules circulant dans cet anneau.

S'il est possible de « refroidir » le faisceau, de manière à réduire sa dispersion en impulsion, ses dimensions seront également réduites et la densité des particules augmentera. Plusieurs conséquences en dérivent. En premier lieu, un faisceau présentant une dispersion en impulsion supérieure à celle que l'on est actuellement capable de maîtriser pourra être injecté dans l'unité de refroidissement de l'accélérateur, et refroidi en vue de son emploi

dans le reste de la machine. Cela signifie que l'on peut atteindre des intensités et densités de faisceau plus élevées avec les avantages correspondants pour les accélérateurs classiques et les anneaux de stockage. Dans les systèmes de collision de faisceaux basés sur un anneau de stockage, la densité du faisceau est l'un des paramètres conditionnant la « luminosité », qui détermine à son tour le nombre d'interactions de particules que les physiciens peuvent observer en un temps donné. La possibilité de refroidir les faisceaux permettrait d'augmenter la luminosité réalisable et, comme elle éviterait toute augmentation de la dispersion en impulsion, cette luminosité élevée pourrait être maintenue pendant de plus longues périodes. De plus, un faisceau refroidi, de plus faible diamètre, pourrait être manipulé dans des aimants de plus faible ouverture, ce qui réduirait les coûts. (Toutefois une ouverture donnée peut être requise pour d'autres raisons, telles que les manœuvres nécessaires du faisceau pour l'éjection.) En général, un faisceau refroidi est un faisceau de meilleure qualité, plus facile à manipuler, et susceptible de fournir de meilleurs résultats dans de nombreuses applications.

Refroidissement par électrons

L'idée du refroidissement par électrons a été initialement présentée par Gersh Boudker en 1967 et, au cours de l'année 1976, ce chercheur et ses collaborateurs ont réalisé des essais pratiques à Novosibirsk qui ont confirmé la validité de cette technique. La méthode se base sur l'injection d'un faisceau d'électrons, le long d'une section d'un accélérateur ou d'un anneau de stockage, qui se déplace à la même vitesse que le faisceau de particules plus lourdes devant être refroidi. Le faisceau d'électrons se déplace quasi parallèlement au faisceau principal, le long de la section avec une faible dispersion en impulsion. Le faisceau de particules plus lourdes possède une telle dispersion,

et lors des collisions avec les électrons une partie relativement élevée de l'écart d'impulsion (par rapport à l'impulsion souhaitée pour les particules lourdes) se trouve transmise à un électron. Dans un anneau équipé d'une section de cette nature, on constate qu'après un grand nombre de tours la dispersion en impulsion du faisceau principal est considérablement réduite.

Le système utilisé pour les essais à Novosibirsk comprend un « anneau », dont la forme est en fait assez proche de celle d'un carré. Des protons sont injectés et y circulent avec une énergie de 65 MeV. On peut imposer artificiellement une importante dispersion en impulsion en créant une perturbation à l'aide d'un champ magnétique. Le long d'un des côtés du carré, on injecte un faisceau d'électrons ayant une énergie de 35 keV (ce qui donne aux électrons plus légers la même vitesse que les protons de 65 MeV, étant donné que la probabilité de la diffusion coulombienne qui intervient est ainsi maximisée). Ce faisceau accompagne le faisceau de protons jusqu'à l'extrémité de la section droite. Des champs solénoïdaux assurent l'injection, le guidage et l'éjection des électrons, tout en ayant peu d'effet sur les protons plus lourds. La direction du champ est parallèle à la section droite, de sorte que les électrons se déplacent en fait le long de petites spirales autour des lignes de champ parallèles. La densité des électrons est d'environ $0,25 \text{ A/cm}^2$ et, pour fournir les intensités nécessaires, il suffit d'un petit canon à électrons. Le faisceau d'électrons éjecté est collecté et le courant est recyclé vers le système d'injection, de sorte que l'alimentation n'a à compenser que de très faibles pertes.

À l'aide de ce système, les chercheurs de Novosibirsk ont démontré que des faisceaux de protons de $100 \mu\text{A}$, ayant des diamètres de l'ordre du centimètre, peuvent être contractés en 83 ms, jusqu'à un diamètre inférieur au millimètre. C'est ce taux de refroidissement extrêmement rapide qui a suscité tant d'intérêt pour les techniques de refroidissement au cours des derniers mois.

L'équation exprimant le temps de refroidissement contient de nombreux paramètres : énergie et masse de la particule lourde, densité du courant d'électrons, divergences maximale et minimale du faisceau, etc. Les expériences de Novosibirsk ont permis de vérifier la validité de la plupart des relations théoriques. Toutefois, on constate avec surprise, mais aussi avec plaisir, que la vitesse de refroidi-

dissement est dix fois plus élevée que prévu. Il convient de noter que cette vitesse dépend de l'énergie, et qu'elle est plus élevée aux faibles énergies.

Refroidissement stochastique

L'idée du refroidissement stochastique a été initialement proposée par Simon Van der Meer au CERN, et a fait l'objet, en 1975, de premières vérifications aux ISR. La distribution de densité dans la section transversale d'un faisceau est mesurée et on calcule son « centre de gravité ». Cette tranche du faisceau est alors repoussée par des champs électriques tout autour de l'anneau (en lançant les particules en circulation, avec acquisition de signaux à travers l'arc de la machine), de manière à déplacer le « centre de gravité » vers l'orbite recherchée. Il s'agit d'une méthode statistique en ce sens que toute poussée qui a un effet favorable sur certaines particules a un effet défavorable sur d'autres. Ainsi, en opérant sur le centre de gravité, la majorité des particules de la tranche considérée se trouve favorablement affectée, et il se produit un refroidissement progressif du faisceau.

En 1975, des essais sont devenus possibles grâce au développement d'une électronique suffisamment rapide (gamme des GHz). Ils ont surtout porté sur la réduction de la dimension du faisceau dans la direction verticale et on a obtenu un taux de refroidissement de 2 % par heure (voir numéro de septembre 1975 pour un exposé plus complet). En 1976, les travaux ont été étendus au refroidissement de la dispersion en impulsion du faisceau, ce qui a permis de réduire sa dimension horizontale. Cette technique a été proposée par R. Palmer à Brookhaven, en liaison avec le projet de faisceaux en collision (ISABELLE) et la théorie a été élaborée par Hugh Hereward, au CERN. Parmi les autres chercheurs qui ont joué au CERN un rôle dans le développement du refroidissement stochastique, nous citerons: Léopold Faltin, Dieter Mohl, Wolfgang Schnell et Lars Thorndahl.

Les résultats sont en excellent accord avec la théorie et le refroidissement stochastique est mieux compris que le refroidissement par électrons. Les possibilités peuvent être étudiées dans le cadre de deux régimes: avec des faisceaux d'intensité élevée (dizaines d'ampères), tels que ceux qui sont normalement manipulés aux ISR, et avec des faisceaux de faible intensité, car le taux de refroidissement est inversement proportionnel au nombre de particules présentes dans le faisceau.

Avec des faisceaux d'intensité élevée, on obtient un bon rapport signal-bruit et il est possible de réaliser une correction complète de l'« erreur » dans le faisceau. Le temps de refroidissement est comparativement long. Avec des faisceaux de faible intensité, le rapport signal-bruit est médiocre, mais le refroidissement peut être réalisé avec une correction d'un millièème seulement. (Dans ce cas, le faisceau n'a pas à être lancé suivant un arc, car les équipements d'observation et de correction peuvent être installés sur la même section droite.) Jusqu'ici, les meilleurs taux de refroidissement avec des faisceaux de 5 mA ont été d'environ 10 % par heure et on pense qu'il est encore possible de les multiplier par trois. Un meilleur équipement pour les travaux à faible intensité sera installé au printemps prochain. Il pourrait assurer un gain supplémentaire d'un facteur dix. Pour les travaux à intensité élevée, un système de détection et de perturbation d'orbite est en cours d'installation; il pourrait se révéler utile pour des faisceaux de l'ordre de 10 A.

Les taux de refroidissement réalisables avec le refroidissement stochastique sont évidemment inférieurs de plusieurs ordres de grandeur à ceux qui ont été obtenus dans le refroidissement par électrons. Pour des faisceaux de l'ordre du microampère, il semble possible d'atteindre des temps de refroidissement de quelques minutes. Les deux techniques présentent une importante différence pour ce qui est de leur comportement en fonction de l'énergie. Le refroidissement par électrons donne des résultats optimaux aux faibles énergies, et il peut par conséquent être utilisé dans les systèmes d'injection, alors que le refroidissement stochastique pourrait prendre le relais aux énergies plus élevées, afin de prolonger et de maintenir les résultats obtenus avec l'autre technique.

Applications possibles

L'application du refroidissement (surtout du refroidissement par électrons) qui est en cours de discussion dans le domaine de la physique des hautes énergies concerne la production de faisceaux d'antiprotons d'intensité élevée. Les collisions entre protons et antiprotons présentent un grand intérêt du point de vue de la physique car les interactions à très haute énergie entre le quark du proton et l'antiquark de l'antiproton peuvent conduire à toute une gamme de phénomènes prévus en se basant sur la connaissance du comportement de la matière.

Par ailleurs, les protons et les anti-protons peuvent être accélérés, stockés et amenés en collision dans un seul anneau (comme les systèmes bien connus à un seul anneau d'électrons-positons). Une telle solution pourrait donc offrir une voie peu coûteuse vers l'étude d'interactions aux énergies extrêmement élevées, en convertissant un anneau à protons déjà en service, tel que la machine du Laboratoire Fermi ou le SPS du CERN, en vue de la réalisation de collisions proton-antiproton.

Jusqu'à maintenant, la difficulté propre à de tels systèmes tient au fait que les intensités des faisceaux d'antiprotons susceptibles d'être raisonnablement atteintes étaient beaucoup trop faibles pour l'obtention d'un taux d'interaction vraiment utilisable. Les techniques de refroidissement nous redonnent quelque espoir. En utilisant le refroidissement par électrons, il sera possible d'accepter une giclée d'antiprotons présentant une forte dispersion en impulsion, fournie par une cible bombardée par un faisceau de protons de haute énergie. Ces particules pourront ensuite être refroidies puis stockées dans un anneau de stockage de caractéristiques assez modestes, jusqu'à accumulation d'un faisceau d'intensité acceptable. Ces possibilités ont été étudiées tant au Laboratoire Fermi qu'au CERN.

Il est encore trop tôt pour exposer les détails des solutions envisagées car avant d'atteindre leur forme définitive il aura fallu prendre en compte les résultats d'essais expérimentaux du refroidissement. D'une manière générale, il est prévu d'accélérer des protons, par exemple jusqu'à 100 GeV, et de les diriger sur une cible pour obtenir un flux élevé d'antiprotons qui seraient collectés avec une importante dispersion en impulsion, par exemple autour de 3 GeV, puis décélérés jusqu'à 200 MeV pour permettre le refroidissement par des électrons; de nombreuses giclées refroidies seraient accumulées, puis le faisceau d'antiprotons d'intensité élevée serait injecté dans le grand anneau, dans lequel protons et antiprotons seraient simultanément accélérés jusqu'à des énergies supérieures à 100 GeV. Les faisceaux seraient finalement amenés en collision... et il ne resterait qu'à récolter la manne de prix Nobel! Sur le papier, il semble possible d'atteindre des luminosités de 10^{29} à 10^{30} cm⁻²s⁻¹, rendues possibles par la manipulation initiale d'antiprotons avec forte dispersion en impulsion, avec production et stockage ultérieurs d'un faisceau à faible dispersion.

Une telle solution a été proposée

Rayonnement synchrotronique: Installations aux USA

au Laboratoire Fermi par D. Cline, P. McIntyre, Fred Mills et Carlo Rubbia. Ils ont suggéré d'utiliser le synchrotron injecteur pour la manipulation des antiprotons, et d'ajouter un « anneau de congélation » à 200 MeV. Lors de l'Ecole d'été du Laboratoire Fermi qui s'est tenue à Aspen, en juillet, D. Berley et M. Month ont discuté du refroidissement des antiprotons par des électrons. Au début de novembre un projet de recherches a été soumis à la National Science Foundation en vue de la construction d'un anneau de protons à 200 MeV destiné à l'étude du refroidissement par électrons. L'anneau serait probablement installé à l'extrémité du linac (du côté opposé par rapport au synchrotron injecteur).

Des installations analogues ont été proposées au CERN, en particulier par Carlo Rubbia. Des groupes présidés par Franco Bonaudi ont étudié les aspects expérimentaux et techniques de faisceaux en collision proton-antiproton, établis dans le SPS. Simon Van der Meer dirige des travaux techniques, en se proposant d'atteindre le stade du projet à l'automne prochain. Afin d'étudier le refroidissement, il est probable que l'anneau g-2 sera utilisé l'an prochain pour des expériences sur le refroidissement par électrons (sous la direction de Guido Petrucci) et stochastique (sous la direction de Lars Thorndahl).

Pour conclure cette présentation des techniques de refroidissement, nous pouvons mentionner une autre application susceptible d'acquies une très grande importance. Dans le numéro de septembre, nous avons décrit la possibilité de construire des réacteurs à fusion thermonucléaire, dans lesquels des pastilles deutérium-tritium seraient bombardées par des faisceaux d'ions lourds. Dans le cadre d'une telle proposition, l'adaptation des faisceaux d'ions lourds aux dimensions de ces pastilles est apparue comme l'une des tâches les plus difficiles. Si les faisceaux d'ions lourds sont refroidis, cette difficulté pourrait être éliminée.

L'exploitation du rayonnement synchrotronique émis par les faisceaux d'électrons en orbite dans les synchrotrons ou les anneaux de stockage a connu un grand développement au cours des dernières années. Les principales installations utilisant le rayonnement synchrotronique sont situées en Europe à Daresbury, DESY et ORSAY et aux USA, à Stanford et Wisconsin. Elles servent aux chercheurs de nombreuses disciplines (physique, chimie, biologie, science et technique des matériaux).

A l'exception de Wisconsin, les recherches ont été conduites parallèlement à l'utilisation des machines à électrons pour la physique des hautes énergies, mais elles se sont révélées si fécondes que la prochaine étape sera logiquement consacrée à la construction d'installations spécialement conçues pour les besoins de la recherche avec le rayonnement synchrotronique et exclusivement réservées à cet usage. Des installations de ce type, axées sur des anneaux de stockage

d'électrons, doivent être construites à Daresbury et au Laboratoire des problèmes nucléaires à Moscou. La construction d'une installation spéciale est également envisagée à Tokyo.

Des projets analogues ont été élaborés aux USA au cours des deux dernières années et, au début de 1976, le comité des sciences de l'état solide a pris l'initiative d'une étude des besoins en la matière. Une commission présidée par Robert Morse, créée en avril, a rédigé une « évaluation des besoins nationaux en matière d'installations consacrées à la production de rayonnement synchrotronique ».

La Commission affirme qu'aux USA « un développement notable de la capacité de recherche avec le rayonnement synchrotronique se justifie absolument sur le plan scientifique et technologique ». Selon une estimation prudente, il faudrait disposer au milieu des années 80, de 60 générateurs de rayons X, produisant un rayonnement dans la gamme comprise entre 1 et 50 keV (12 à 0,25 Å) et de 40 généra-

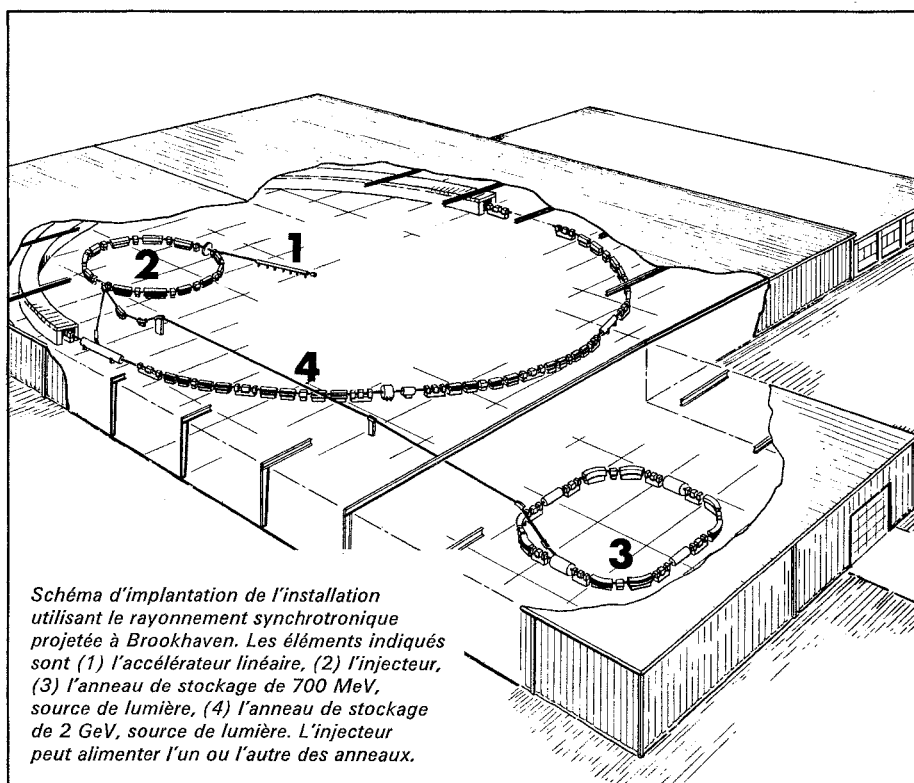


Schéma d'implantation de l'installation utilisant le rayonnement synchrotronique projetée à Brookhaven. Les éléments indiqués sont (1) l'accélérateur linéaire, (2) l'injecteur, (3) l'anneau de stockage de 700 MeV, source de lumière, (4) l'anneau de stockage de 2 GeV, source de lumière. L'injecteur peut alimenter l'un ou l'autre des anneaux.

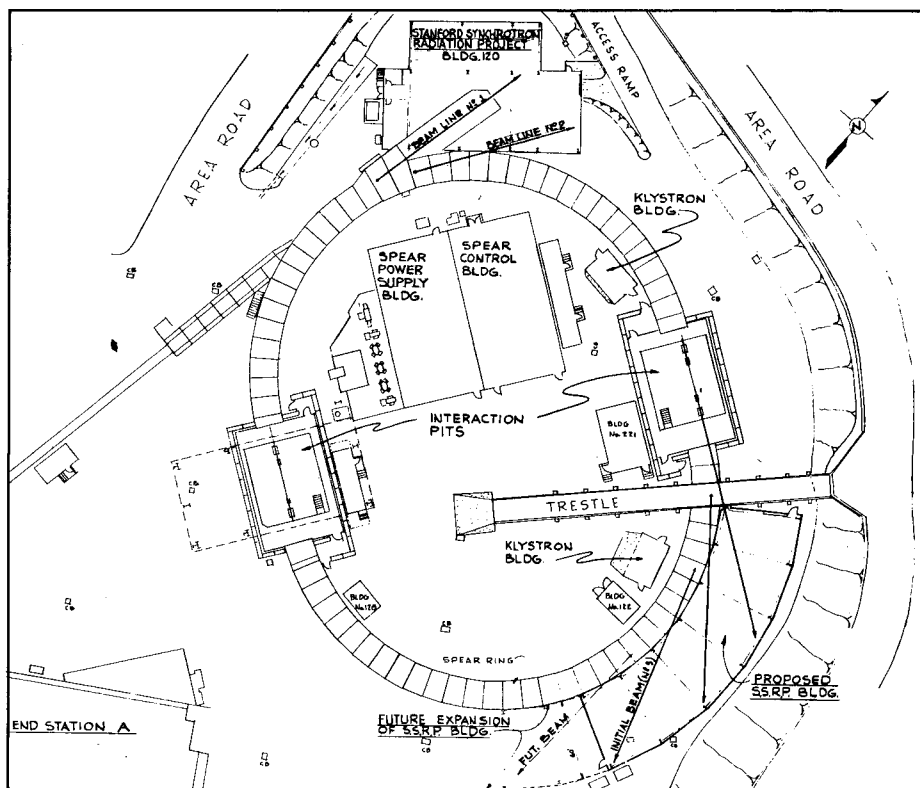


Schéma d'implantation de l'anneau de stockage SPEAR au SLAC, l'installation actuelle de rayonnement synchrotronique de Stanford (SSRP) étant représentée en haut sur l'arc nord de l'anneau. Les extensions envisagées se situeraient sur l'arc sud où l'on pourrait abriter sept sorties de faisceau.

teurs de rayonnement ultraviolet sous vide dans la gamme comprise entre 0,01 et 0,1 keV (1200 à 12 Å).

L'amélioration des installations existantes ne permettrait pas de réaliser un tel nombre de générateurs; aussi la Commission recommande-t-elle la construction de nouvelles installations spécialisées réparties sur le territoire des Etats-Unis afin de faciliter leur utilisation par les groupes d'expérimentation de tout le continent. Chaque installation aurait un caractère national.

Dans son introduction au rapport de la Commission, Robert Morse a fait remarquer que, pour satisfaire les besoins, il suffirait de trois grandes installations réparties sur tout le territoire; chacune d'elles pourrait produire des rayonnements ultraviolets et deux au moins des rayons X. Par une coïncidence nullement étonnante, trois propositions répondant à ces critères sont déjà déposées.

Le Laboratoire national de Brookhaven, nouveau venu dans le domaine du rayonnement synchrotronique, a proposé la construction d'une source nationale de rayonnement synchrotronique pour un coût de l'ordre de 22 millions de dollars, le délai d'achèvement étant fixé à 1981 (pour autant que les travaux commencent à la fin de 1978). Le Comité d'études était dirigé par Martin Blume; Rena Chasman et Ken Green y ont apporté la plus grosse contribution.

Le projet technique a été axé sur deux thèmes. En premier lieu, une étude des besoins en matière d'optique a mis en évidence la nécessité de réaliser une source d'une brillance élevée. La maille magnétique permet de foca-

liser des faisceaux de faible émittance en réduisant leur section transversale avec des divergences angulaires minimes. D'autre part, il est impossible d'optimiser dans un même anneau à la fois les rayons X et les ultraviolets. C'est ainsi qu'en réalisant des études avec des rayons ultraviolets de plus courte longueur d'onde, on risquerait d'inonder l'appareil avec des rayons X.

C'est pourquoi le projet prévoit deux anneaux de stockage d'électrons: un anneau de 700 MeV, doté de 16 fenêtres, pour la recherche avec des rayonnements dans la gamme de l'ultraviolet et un anneau de 2 GeV (40 fenêtres) pour la recherche avec les rayonnements dans la gamme des rayons X. L'intensité des faisceaux stockés peut atteindre au maximum 1 A. Il est prévu d'installer dans plusieurs insertions de l'anneau de 2 GeV des aimants supraconducteurs modulant localement la courbure de l'orbite (wiggler) pour réduire encore les possibilités en matière de longueur d'onde.

Le projet de rayonnement synchrotronique de Stanford (SSRP) fonctionne au SLAC depuis mai 1974 avec SPEAR, l'anneau de stockage de 4 GeV. A la fin du mois de juin, une deuxième ligne de faisceau rayonnante a été mise en service pour alimenter quatre expériences, ou davantage, utilisant des rayons X, ce qui double le nombre des installations de recherche disponibles. 150 scientifiques venant de 35 centres de recherche travaillent actuellement au SSRP qui est financé par la Fondation nationale de la science et les utilisateurs réclament instamment davantage d'installations.

Le SSRP fonctionne en parallèle avec le programme de recherche de collisions de faisceaux de haute énergie de SPEAR et il a été proposé d'utiliser cette machine exclusivement pour la recherche sur le rayonnement synchrotronique lorsque l'essentiel des recherches sur les collisions de faisceaux s'effectuera dans l'anneau de stockage de 15 GeV (PEP). Pief Panofsky, directeur du SLAC, a déjà laissé entendre que lorsque la moitié du temps d'exploitation de PEP sera consacrée à la physique des hautes énergies, la moitié du temps de fonctionnement de SPEAR pourra être consacrée à la recherche sur le rayonnement synchrotronique. Herman Winnick de l'Université de Stanford siégeait à la récente commission en tant qu'expert consultant représentant le SSRP.

L'extension proposée du SSRP entraîne la construction d'une nouvelle zone d'expérimentation autour de l'arc sud de SPEAR, ce qui permettra de disposer de sept nouvelles fenêtres (alimentant jusqu'à quatorze générateurs de rayonnement) et d'ajouter deux «wiggler» dans l'anneau. L'énergie des électrons pourrait être fixée entre 1,3 et 4 GeV avec des intensités comprises entre 1,3 A à l'énergie la plus faible et 0,08 A à l'énergie de crête. Selon les prévisions, la construction devrait durer trois ans et coûter environ 7 millions de dollars.

Le laboratoire des sciences physiques de l'Université de Wisconsin compte parmi les pionniers de la recherche sur le rayonnement synchrotronique. Il exploite depuis huit ans un anneau de stockage de 240 MeV, baptisé Tantale 1, qui compte neuf fenêtres. Cette source de rayonnement dans la gamme des ultraviolets est actuellement, dans le monde, la meilleure dont dispose une vaste communauté d'utilisateurs. L'équipe de Wisconsin, dirigée par Ed Rowe, a maintenant soumis des propositions relatives à une extension notable du Centre de rayonnement synchrotronique.

Elle a également proposé de construire deux anneaux en s'attachant

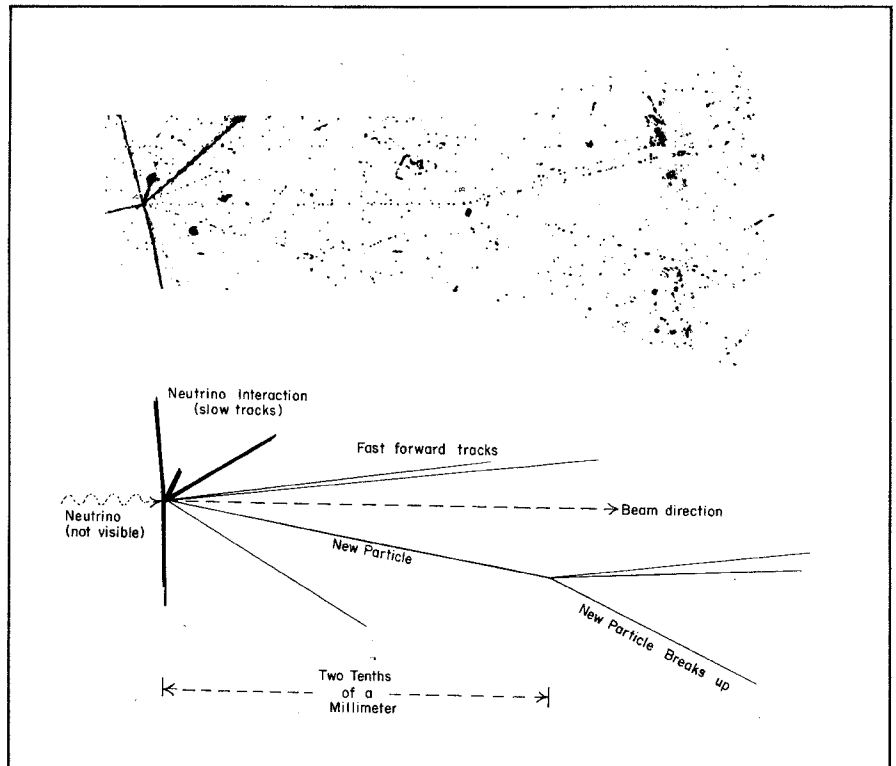
Nouvelles des Laboratoires

Événement enregistré dans une expérience neutrino au Laboratoire Fermi et qui ressemble à la première observation de la trace d'une particule charmée. Cette trace a été découverte dans une émulsion nucléaire, la seule technique de détection permettant de voir directement le passage d'une particule d'une durée de vie aussi brève (quelque 10^{-13} seconde).

essentiellement à la brillance de la source. Le plus petit de ces anneaux, qui permettra de couvrir la gamme des rayonnements ultraviolets, aura une énergie de 750 MeV et sera alimenté par un microtron de 100 MeV. Il comptera vingt-quatre fenêtres. Le grand anneau, destiné à couvrir la gamme des rayons X, aura une énergie de 2,5 GeV et comptera quarante fenêtres. Il est prévu de le doter d'aimants modulant localement la courbure de l'orbite mais l'importance qui leur est accordée est moindre que dans les autres projets car on estime à Wisconsin, à la lumière de l'expérience acquise, que les longueurs d'onde plus grandes seront, dans les années à venir, les domaines de recherche les plus féconds. Chaque anneau est conçu pour emmagasiner 1A d'électrons.

Les anneaux de Wisconsin ont été baptisés Aladin (nom traditionnellement associé à une lanterne magique) et Tantale 2,5. On estime à 22 millions de dollars le coût de l'installation complète. Les travaux de construction dureraient environ quatre ans.

Le rapport de la Commission des USA contenant les recommandations relatives à ces projets donne également un excellent aperçu des recherches actuellement effectuées dans les installations utilisant le rayonnement synchrotrone, ainsi que des propriétés du rayonnement en fonction des différents paramètres des machines. Pour obtenir le rapport, s'adresser au Solid State Sciences Committee, National Research Council, 2101 Constitution Avenue, Washington DC 20418. Un autre document détaillé sur l'état actuel des recherches dans les installations utilisant le rayonnement synchrotrone, les « Actes de la réunion de travail d'été de Québec sur les installations utilisant le rayonnement synchrotrone », qui s'est tenue en juin, peut être obtenu (au prix de 18 dollars) auprès du Centre for Chemical Physics, University of Western Ontario, London, Canada.



LABORATOIRE FERMI Trace d'une particule charmée

Un groupe Bruxelles-Dublin-CERN-Laboratoire Fermi - Imperial College Londres - Université libre-Mulhouse-Rome-Strasbourg, dirigé par Eric Burhop (auteur de la proposition d'expérience) a observé dans un événement neutrino à haute énergie au sein d'une émulsion nucléaire une trace résultant très probablement de la production d'une particule charmée.

Le groupe a assemblé un système de détection hybride composé d'empilements d'émulsions suivis par une chambre à étincelles à large entrode, un détecteur de gerbes, un hodoscope de compteurs à scintillations et un identificateur de muons, situé dans la ligne de faisceaux neutrinos à quelque trente mètres en aval de la chambre à bulles de 4,60 m. La plupart des éléments du système de détection ont

été mis au point au CERN et essayés avec le PS en 1975 par le sous-groupe Rome-Strasbourg. Le système hybride a pour fonction de détecter le point de l'émulsion où s'est produit un événement intéressant. On s'épargne ainsi la tâche presque impossible d'examiner l'ensemble des émulsions en quête d'événements.

Sur un total d'environ 7×10^{17} protons de 400 GeV sur la cible, le système de détection a repéré dans l'émulsion environ 250 possibilités d'interactions neutrinos. Environ un tiers de celles-ci ont été examinées et jusqu'ici 16 vertex d'interaction ont été découverts.

L'un d'eux correspond à une trace qui présente les caractéristiques escomptées d'une particule charmée. Celle-ci parcourt une distance de 0,18 mm avant de se désintégrer en trois particules chargées. C'est à ce stade qu'intervient le pouvoir de détection spécial de l'émulsion nucléaire. Seule l'émulsion, qui a été développée et étudiée au microscope, permet

Partie de l'auditoire présent à la session d'ouverture de la réunion du groupe des utilisateurs de LAMPF qui s'est tenue à Los Alamos le 8 novembre. Louis Rosen, directeur de LAMPF, est au premier plan avec Thomas Putman, chef-adjoint pour la Sécurité, et James Kane (derrière à droite), directeur de la division des recherches en physique de l'ERDA. Assis au troisième rang, Herbert Anderson de l'Université de Chicago, ancien président du groupe des utilisateurs de LAMPF.

(Photo LASL)



d'observer et de mesurer une trace aussi courte qui correspond à une durée de vie de l'ordre de 5×10^{-13} s.

La possibilité que la trace ait été produite par une particule « classique » n'a évidemment pas été négligée, mais aucune d'elles ne subit la désintégration en trois particules chargées observées dans l'émulsion et une particule neutre dont la présence est nécessaire pour la conservation de l'impulsion, après seulement 6×10^{-13} s. (Le vertex produit par la désintégration d'une particule neutre est orienté dans la direction du vertex de désintégration de la particule charmée présumée). En revanche, les observations concordent parfaitement avec l'hypothèse de la production et de la désintégration d'une particule charmée — par exemple, le méson charmé D (1,87 GeV) qui se désintègre en $K^0 K^+ K^- \pi^+$ ou le Σ_c (2,48 GeV) qui se désintègre en $\Lambda^0 K^+ K^- \pi^+$.

LOS ALAMOS Des jours heureux pour le LAMPF

Louis Rosen, directeur du LAMPF (Los Alamos Meson Physics Facility), présentant son rapport à la dixième réunion des utilisateurs du LAMPF, les 8 et 9 novembre, a déclaré en préambule: « Le LAMPF connaît des jours heureux... ». La réunion regroupait 243 participants venant de centres de recherches des Etats-Unis et d'ailleurs, qui sont membres du Groupe des utilisateurs, canal officialisé pour l'échange d'informations entre l'ensemble de la communauté scientifique et l'administration, à Los Alamos. Il y a actuellement 1000 membres relevant de plus de 300 centres: universités, hôpitaux et centres médicaux, laboratoires industriels et gouvernementaux.

Louis Rosen a cité un certain nombre de résultats importants récemment atteints au LAMPF: exploitation de routine avec un faisceau de 100 μ A disponible pour la production, périodes d'essais couronnées de succès avec

200 μ A à travers toutes les cibles, jusqu'au bouchon de faisceau, réalisation de l'objectif prévu pour le spectromètre à haute résolution (HRS), soit une résolution meilleure que 100 keV, et exploitation de tous les faisceaux secondaires pour alimenter les expériences (à l'exception du faisceau pulsé de l'installation neutronique pour les recherches sur les armements).

Les plans concernant des intensités plus élevées, disponibles dans l'avenir, prévoient des exploitations de routine avec des intensités portées de 100 à 300 μ A, à l'automne 1977, avec en 1979-1980 franchissement de la dernière étape, entre 300 μ A et l'intensité nominale 1 mA.

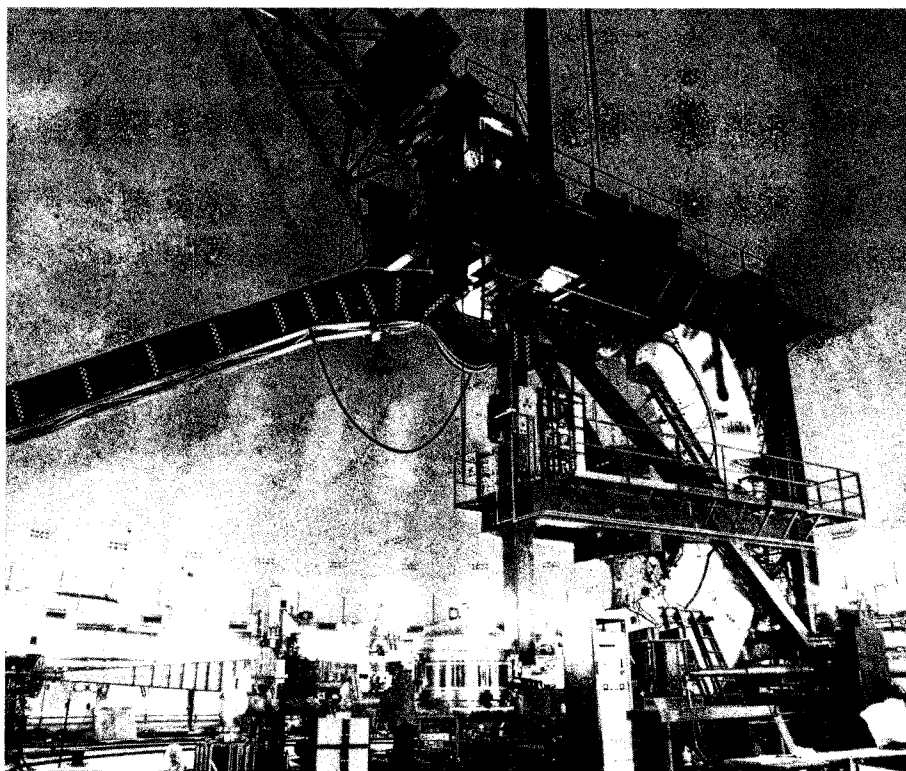
Plusieurs modifications de l'organisation ont été annoncées; elles reflètent la plus grande importance accordée aux zones d'expérimentation, au programme de recherche, et aux programmes d'applications pratiques poursuivis au LAMPF. Le budget a augmenté, en quasi conformité avec les prévisions initiales; il est passé de trois millions de dollars en 1966 à vingt millions, pour les travaux à effectuer en 1977. Louis Rosen a cependant fait remarquer que cette rapide augmentation ne saurait se prolonger: au cours des années à venir, le budget restera au niveau actuel.

Don Hagerman, responsable de l'exploitation du LAMPF, a donné des détails complémentaires sur les récents succès dans ce domaine. Au cours de l'année écoulée, la disponibilité des faisceaux a été en permanence

meilleure que 80 %. Aucune réduction de la fiabilité correspondante n'a été observée lorsque l'exploitation avec des faisceaux simultanés de protons et d'ions H^- a démarré en avril, ou lorsque l'intensité du faisceau principal a été portée à 100 μ A, en août. Les niveaux d'activation dans l'accélérateur et les niveaux de rayonnement dans les zones d'expérimentation restent faibles. L'aire d'aiguillage des faisceaux fonctionne avec un déversement de faisceau dans le halo qui n'est que de quelques dix millièmes. En se basant sur l'absence de déversement observée à 200 μ A, on peut envisager avec confiance la production d'un faisceau de 300 μ A.

Au printemps prochain, les installations expérimentales seront accrues par addition d'un faisceau polarisé fourni par une source d'ions H^- à déplacement de Lamb; ce faisceau sera simultanément disponible avec le faisceau de protons à intensité élevée. Initialement, on pense accélérer un faisceau de 25 nA, ayant une polarisation de 80 %. La communauté des utilisateurs envisage avec enthousiasme la disponibilité de faisceaux polarisés utilisables sur la ligne du faisceau externe de protons, ainsi qu'avec le HRS.

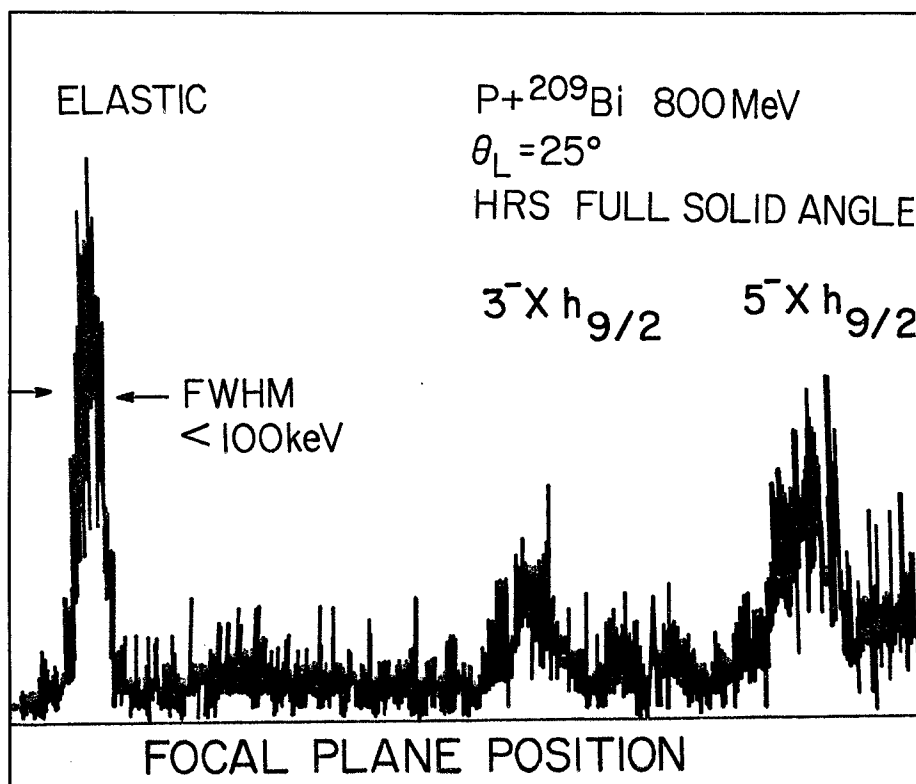
Le spectromètre à haute résolution a atteint ses caractéristiques nominales et il a achevé son premier cycle d'expériences. Le concept de perte d'énergie appliqué au spectromètre permet d'utiliser la totalité de la plage d'énergie représentant plusieurs MeV, pour le faisceau d'ions H^- accéléré à 800 MeV par le LAMPF, tout en



Vue du spectromètre à haute résolution (HRS) qui a été mis en service au LAMPF et a atteint sa résolution nominale de 100 keV. Le faisceau entre par la gauche et pénètre dans la chambre de diffusion située dans le bas du spectromètre vertical; on aperçoit en haut des aimants et des détecteurs.

(Photo LASL)

Partie du premier spectre obtenu avec le HRS montrant que la résolution de 100 keV a été dépassée dans l'observation de la diffusion de protons sur le bismuth-209. L'intervalle total sur le plan focal correspond à 6,7 MeV.



assurant une résolution meilleure que 0,1 MeV, niveau requis pour pouvoir observer de nouveaux aspects de la structure nucléaire. Cette conception permet de disperser l'excursion énergétique du faisceau sur la cible et de recombiner sur une ligne, dans le plan focal du spectromètre, toutes les particules diffusées ayant subi la même perte d'énergie. Ainsi, la distribution des événements à travers le plan focal fournit une représentation à haute résolution de la section efficace en

fonction de la perte d'énergie sur le noyau de recul de la cible.

L'artifice consiste à exploiter la ligne de faisceau et le spectromètre suivant un mode appelé « accordage avec dispersion », ce qui signifie que le spectromètre doit recombiner exactement les particules diffusées du faisceau dispersé sur la cible. Après avoir complètement équipé le spectromètre, d'importants efforts furent effectués au cours de récents cycles de l'accélérateur jusqu'à obtention d'un accord

satisfaisant. La ligne de faisceau et le spectromètre utilisent des aimants du type normalement associé à l'exploitation d'accélérateurs opérant dans la gamme des GeV. Par exemple, la paire de dipôles du spectromètre avec son bâti pèse environ 330 tonnes et atteint près de 10 m de haut. Néanmoins, en dépit de ces dimensions, la construction de l'aimant a été suffisamment précise pour rendre inutiles toutes bobines d'accord, en vue d'atteindre une résolution de 100 keV.

L'instrumentation comprend un compteur à scintillations avec mesure du temps de vol et de l'amplitude des impulsions, ainsi qu'un ensemble de chambres à fils pour la localisation des événements et les mesures d'angles. Le système de traitement de données en ligne permet de corriger la perte d'énergie due à une variation cinématique, en présence d'une acceptance finie pour l'angle de diffusion horizontal. Tout cet appareillage a été mis à la disposition des chercheurs le samedi 6 novembre, et une semaine plus tard une équipe enthousiaste put achever une première période de production avec le HRS.

Lors de la réunion des utilisateurs, en novembre, d'autres questions furent exposées par James Kane, directeur de la division des recherches en physique de l'ERDA, qui a traité du futur rôle de la recherche fondamentale à l'ERDA, par John Domingo et Milan Locher, de l'Institut suisse pour la recherche nucléaire (SIN), parlant de la recherche au SIN, par Reg Richardson (jusqu'à très récemment directeur de TRIUMF, Canada), analysant les recherches avec TRIUMF, par Alan Krisch (Michigan), traitant des expériences à haute énergie avec un faisceau de protons et une cible polarisés, et par T.D. Lee (Columbia), parlant des solitons non topologiques. Les recherches au LAMPF ont fait l'objet de plusieurs exposés: physique des particules, par Richard Mischke (LASL), structure nucléaire, par Robert Eisenstein (Carnegie-Mellon), applications pratiques, par Ed. Knapp (LASL) et résultats médicaux par John Dicello (LASL).

1. Répartition de la dose en fonction de la profondeur obtenue avec le faisceau de pions négatifs utilisé au cyclotron du SIN par le Groupe de radiobiologie du CERN pour les irradiations biologiques. Les conditions correspondant aux points A, B, C et D ont servi pour l'irradiation de racines de haricots (*Vicia faba*) pour déterminer l'efficacité biologique relative (EBR) des pions négatifs.

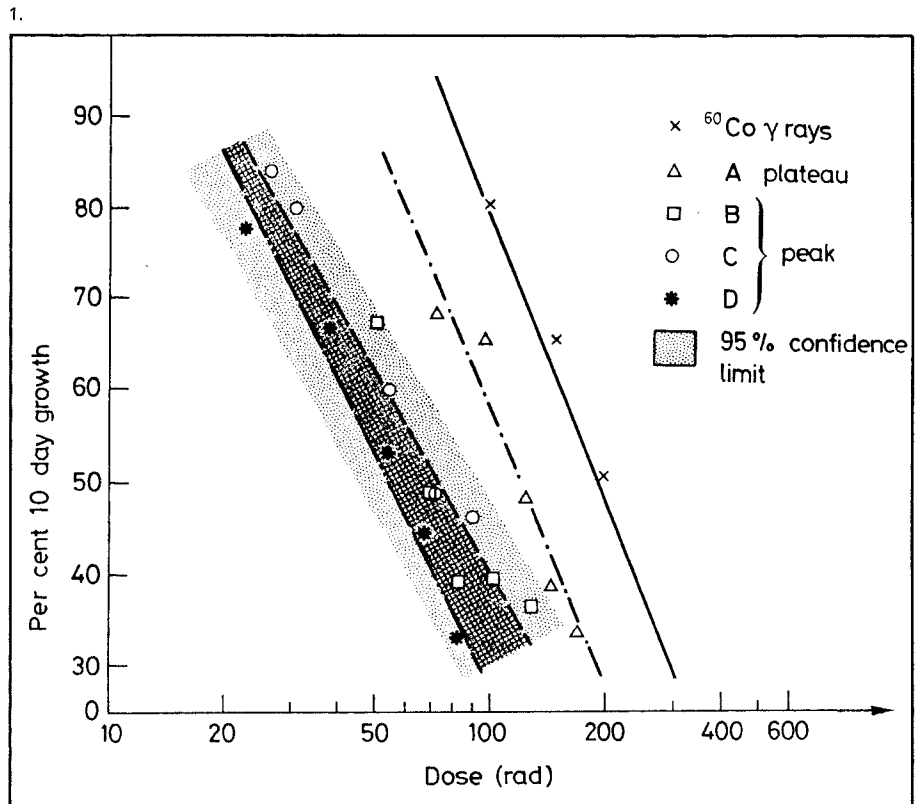
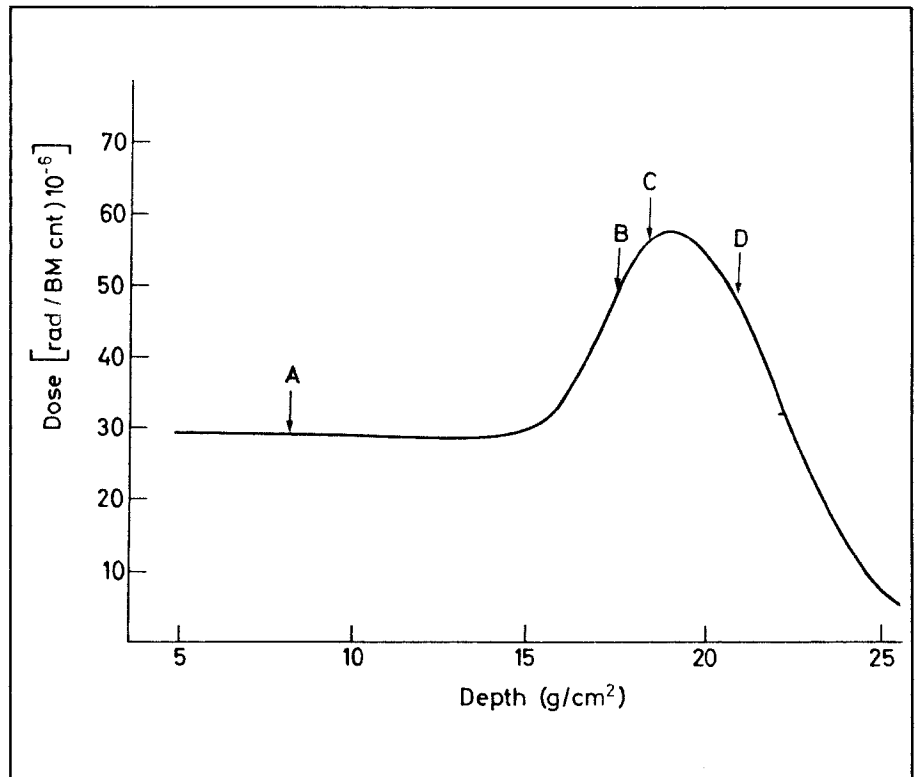
2. Effets sur la croissance de racines de haricots après irradiation avec des rayons gamma obtenus avec du cobalt 60 aux quatre points choisis sur la courbe de répartition de la dose en fonction de la profondeur. Les résultats pour une réduction de 50 % de la croissance des racines montrent une EBR de 1,6 sur le palier A et des EBR de 2,7, 2,6 et 3,5 respectivement pour les points B, C et D sur le pic.

Le CERN fait de la radiobiologie au SIN

Les effets biologiques des radiations ont été étudiés au CERN à petite échelle au cours des dix dernières années à l'aide de faisceaux de protons, de neutrons et de pions fournis par le synchro-cyclotron de 600 MeV. L'intérêt principal s'est porté sur l'étude des effets biologiques des interactions nucléaires fortes pour lesquelles les faisceaux de neutrons et de pions négatifs conviennent bien. Les intensités de ces faisceaux secondaires étant faibles, les études ont été limitées à la détermination de l'efficacité biologique relative (EBR) avec des systèmes biologiques extrêmement sensibles. Dernièrement, l'intérêt suscité par ces travaux s'est trouvé renforcé par la mise en œuvre d'intensités beaucoup plus élevées aux « usines à mésons » et par les possibilités thérapeutiques que les faisceaux de pions négatifs de celles-ci laissent espérer.

Le Groupe de radiobiologie du CERN étend actuellement son programme en procédant à des irradiations dans le faisceau de pions biomédical du SIN (Institut suisse pour la recherche nucléaire), l'usine à mésons de Villigen, dans le canton de Zurich (Suisse). Ce faisceau de pions, lorsque l'accélérateur approche de 50 % de son intensité nominale, est plus de 50 fois plus intense que celui disponible au CERN.

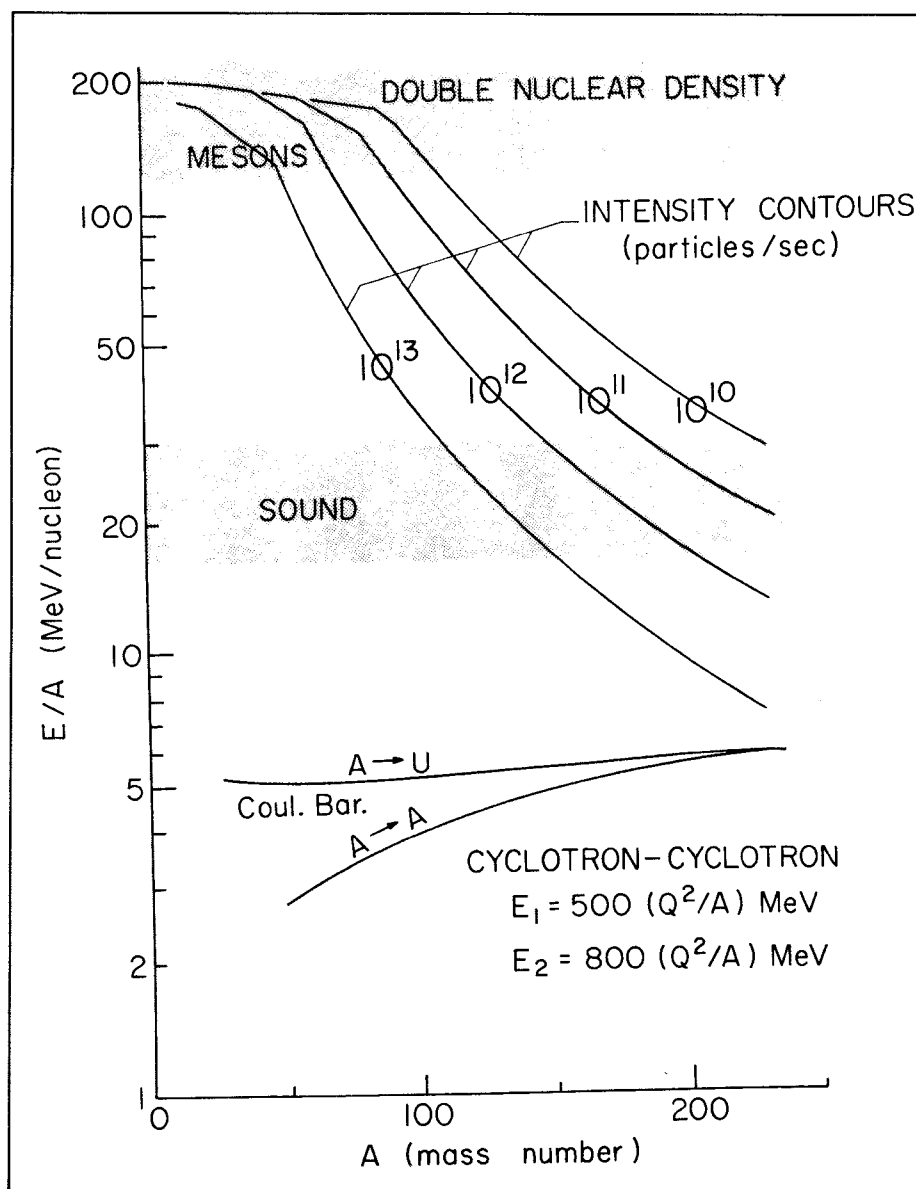
L'intérêt porté aux pions négatifs tient essentiellement au fait que le pion est annihilé lorsqu'il entre en interaction avec un noyau et qu'une partie importante de son énergie de masse au repos apparaît sous forme d'énergie cinétique des fragments de noyau chargés résultant de l'interaction. Ces fragments déposent à leur tour leur énergie dans les tissus avec une ionisation spécifique élevée. Les interactions de pions se produisent surtout lorsque le pion est en fin de course. En



2. outre, le ralentissement du pion donne naissance au pic d'ionisation de Bragg habituel à la fin de la trajectoire. Le taux de dépôt d'énergie total ou débit de dose dans le faisceau de pions mesuré en fonction de la profondeur dans l'eau est représenté sur la figure 2. Etant donné que la proportion entre les doses dues à l'ionisation et aux éléments d'interaction varie avec la profondeur, des irradiations ont été effectuées en un certain nombre de points sur la courbe pour trouver la

variation de l'EBR et en particulier pour rechercher la valeur maximale.

Les extrémités des racines du haricot (*Vicia faba*) ont été irradiées et la modification du taux de croissance qui en a résulté a été mesurée. Dans la région du pic, les pions sont près de trois fois plus efficaces que les rayons gamma du cobalt-60 pour produire une réduction de 50 % de la croissance des racines au bout de dix jours. Il apparaît que l'EBR maximale (environ 3,5) des pions se trouve en un point situé



Courbes d'intensités en fonction de l'énergie par nucléon et du nombre de masse pour l'installation à ions lourds prévue à Michigan. Elle comprendra deux cyclotrons supraconducteurs associés. On illustre les relations entre les performances envisagées et les domaines intéressants en physique nucléaire, tels que les ondes de compression, à partir d'environ 20 MeV par nucléon, et la production de plusieurs mésons, à partir d'environ 140 MeV par nucléon.

d'ions d'une énergie maximale comprise entre 20 MeV par nucléon pour l'uranium et 200 MeV par nucléon pour les noyaux plus légers que le calcium. Avec ces énergies élevées (au-dessus des contraintes de la répulsion coulombienne, des interactions de surface et de la densité normale), de nouveaux aspects des noyaux tels que la haute densité, les phénomènes supersoniques et les phénomènes mésiques cohérents, seront accessibles à l'étude.

Les deux cyclotrons proposés seront de construction semblable. L'étude technique tient compte de la grande force d'attraction (approximativement 900 t) s'exerçant entre les moitiés supérieure et inférieure des bobines supraconductrices et de la nécessité d'une bonne isolation thermique pour les bobines. En outre, un champ magnétique à limite franche est nécessaire pour garantir une extraction efficace. Les enroulements des bobines sont disposés en couches pressées verticalement, une maille en palissade étant prévue entre les couches radiales pour permettre le refroidissement par l'hélium. Le bobinage s'effectuera directement sur une grande bobine en acier inoxydable sur laquelle est soudée une enveloppe en même matériau qui fera office de réservoir d'hélium pour le cryostat.

Etant donné que le cryostat interdit l'accès par le plan médian, on accèdera au centre du cyclotron par le haut et la partie supérieure de la culasse sera montée sur un système à cric pour la soulever d'une manière précise par bouton presseur. Ce système est conçu sur le même principe que celui utilisé sur le cyclotron TRIUMF.

Le cyclotron de 500 MeV utilisera un aimant supraconducteur prototype en acier coulé 1020 actuellement en construction à l'Université de l'Etat de Michigan. La culasse a trois mètres de diamètre et pèse environ 90 t (total pour cinq morceaux). Les essais magnétiques d'échantillons des pièces coulées font apparaître une uniformité magnétique excellente et des essais aux ultrasons indiquent que les pièces coulées sont exemptes de soufflures.

sur le bord postérieur du pic de dose absorbée (voir la figure). Dans la région du palier, les radiations n'ont que la moitié environ de l'efficacité du pic.

L'efficacité biologique élevée dans le pic par rapport à la région du palier et la forme de la courbe de la dose en fonction de la profondeur sont les facteurs qui rendent les pions avantageux pour la radiothérapie, car il est possible d'irradier efficacement une tumeur avec un minimum de dommage pour les tissus sains environnants. Un autre facteur important à étudier est l'influence de l'oxygène sur l'effet radiobiologique; cette étude indiquera avec quelle efficacité les cellules anoxiques sont tuées par les radiations. Les expériences visant à déterminer cette action de l'oxygène dans la région du palier et du pic ont commencé.

Des mesures dans le faisceau de pions ont été effectuées également avec d'autres systèmes biologiques, concernant entre autres la survie de spermatogonies dans les testicules de

souris et la production de micronoyaux dans les racines de haricots. La recherche radiobiologique au CERN a toujours été orientée vers l'étude des effets biologiques des particules de haute énergie. On espère que les résultats obtenus apporteront des précisions sur les avantages physiques et biologiques des pions négatifs pour la radiothérapie.

MICHIGAN Projet d'ions lourds

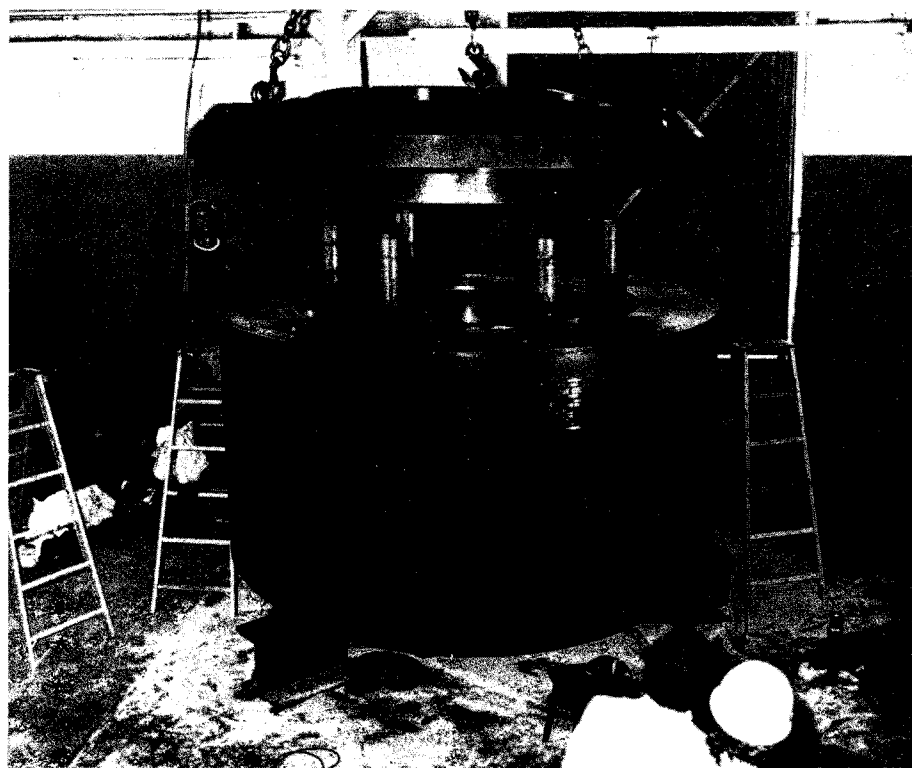
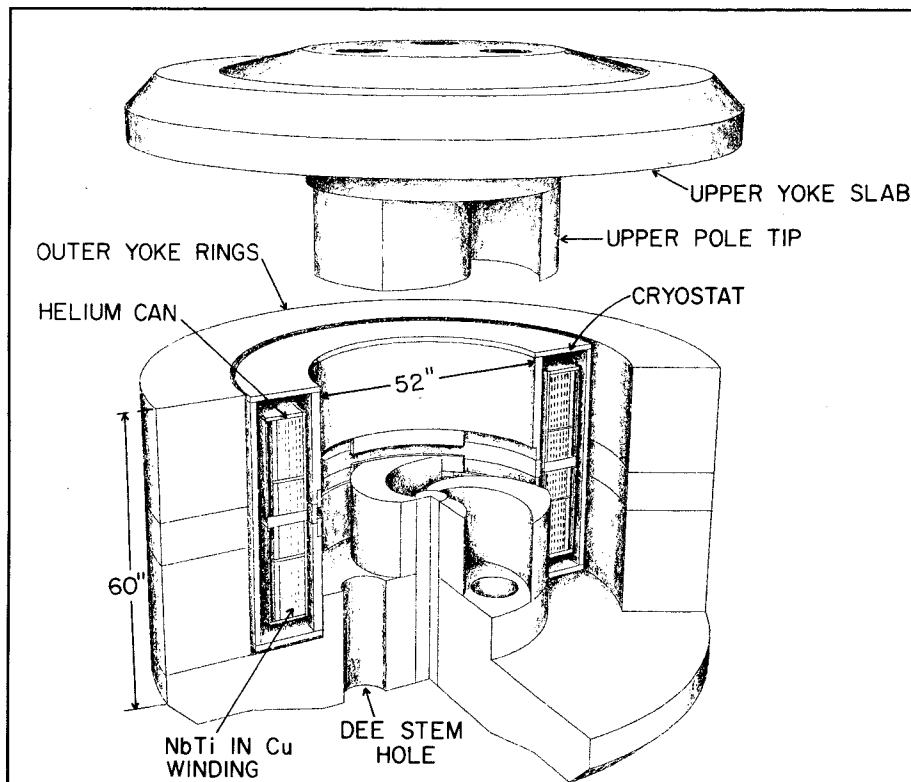
En septembre, le Laboratoire du cyclotron de l'Université de l'Etat de Michigan a soumis une proposition à la National Science Foundation des USA demandant 13 millions de dollars pour la construction de deux cyclotrons supraconducteurs jumelés qui seraient utilisés pour les recherches avec des ions lourds. En accouplant des cyclotrons de 500 MeV et de 800 MeV, on pourrait obtenir des faisceaux

Représentation perspective de l'un des aimants supraconducteurs destinés à l'installation à ions lourds de Michigan. On peut observer la structure de la face polaire. En bas, l'aimant et le cryostat pour le cyclotron de 500 MeV en cours de construction. Il est prévu de le mettre sous tension au début de l'année prochaine.

Le bobinage a commencé et la première mise sous tension est prévue pour février 1977. Après les essais des aimants, la construction d'autres éléments commencera pour terminer le cyclotron de 500 MeV.

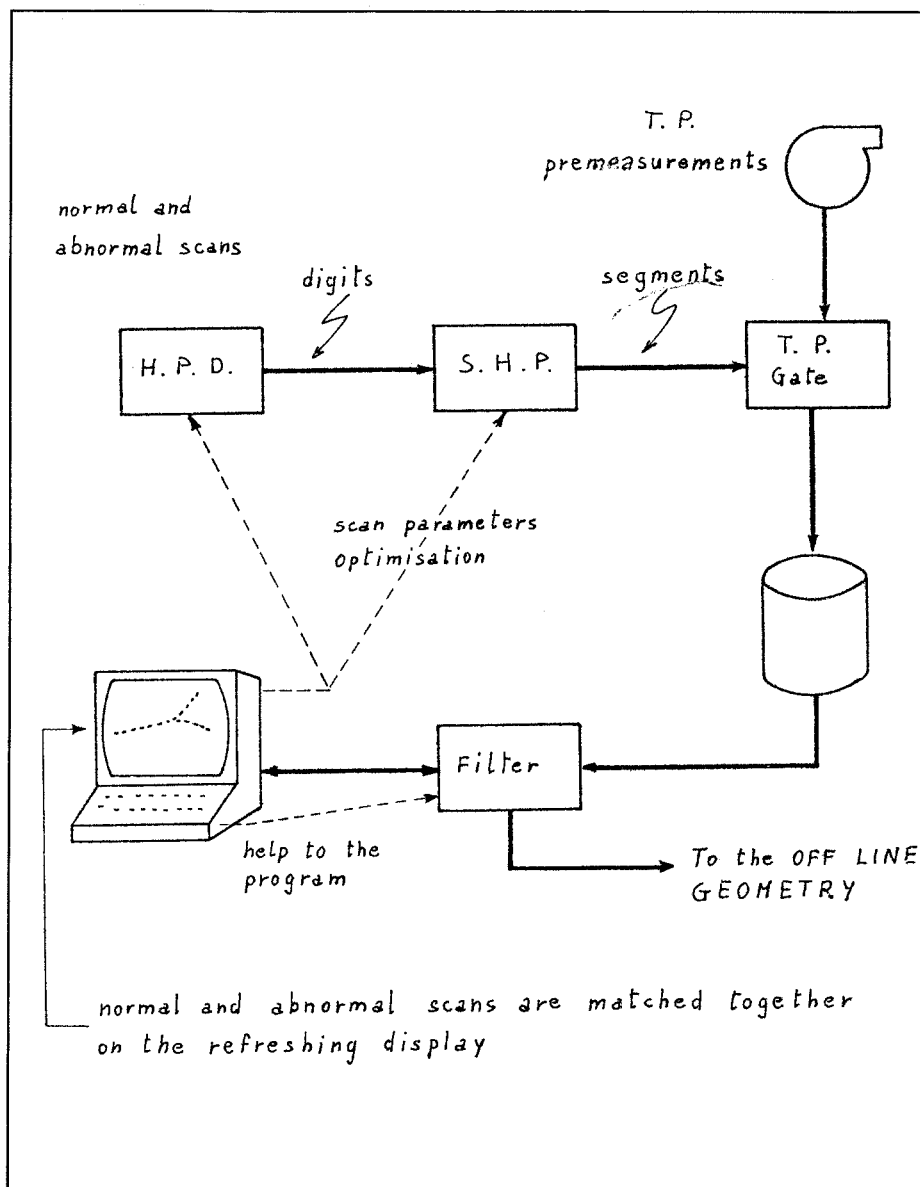
Une caractéristique importante de la source d'ions du modèle de 500 MeV est l'emploi de bouchons de 17,78 cm de diamètre (7 pouces) pouvant se retirer automatiquement et placés dans le haut et le bas de l'aimant. Les sources d'ions seront installées dans l'un des bouchons ou dans les deux et, de ce fait, il sera facile de les déposer sans perturber le vide ni réchauffer les panneaux cryogéniques.

La source sera du type à jauge d'ionisation Phillips (PIG). Plusieurs importantes améliorations ont été apportées récemment aux sources PIG, la plus considérable étant la mise au point du « procédé de pulvérisation par rétrobombardement », technique qui a étendu l'emploi de ce type de source à tous les éléments chimiques. Avec ce procédé, un arc classique est entretenu avec un gaz lourd tel que le krypton ou le xénon. Les ions à faible état de charge émis vers la fin du cycle d'accélération se déplacent trop lentement pour traverser l'intervalle HF avant que le cycle soit achevé et ralentissent dans la demi-période négative du cycle, pour revenir finalement à la source dans la chambre de plasma. Ces ions d'énergie élevée viennent frapper et pulvérisent tout matériau introduit dans ce qu'on appelle la « poche de matériau de charges » située à l'arrière de la source. Les ions émis par pulvérisation diffusent vers l'avant de la source et sont extraits. Des faisceaux d'une intensité relativement grande (de l'ordre du micro-ampère) peuvent être produits avec cette technique. Une autre nouvelle caractéristique de la source est la cathode, constituée d'une longue tige de tantale qui peut être déposée axialement par télécommande. En reculant simplement la cathode de quelques millimètres, il sera possible, sans enlever la source, de couper tout court-circuit provoqué par du matériau pulvérisé.



Dans les deux cyclotrons, le système d'accélération est du type à dees profilé, trois dees étant montés sur des tiges quart d'onde se prolongeant vers le haut et vers le bas. L'accordage des dees s'effectue à l'aide d'un piston mobile de court-circuit à blocage hydraulique monté sur les tiges principales, une électrode capacitive assurant l'accordage fin. Les deux cyclotrons fonctionneront sur le même intervalle d'accordage (27 à 84 MHz) et seront commandés à partir d'un seul

oscillateur pilote. Le cyclotron injecteur fonctionnera au troisième ou neuvième harmonique de la fréquence HF (suivant le Q/A de l'ion); les trois dees fonctionnent par conséquent en phase et peuvent être mécaniquement réunis au centre. Le couplage des orbites des particules des deux cyclotrons suppose que la fréquence orbitale triple à la transition lorsqu'on passe de 500 MeV à 800 MeV, et le second cyclotron fonctionne alors sur le premier ou le troisième harmonique.



Le système de mesure de film de chambre à bulles utilisé au Centro Nazionale Analisi Fotogrammi. Le dispositif Hough Powell, HPD, fonctionne en liaison avec un processeur spécial (SHP). Pour les prémesures TP (croquis), il faut mesurer au moins la position du vertex, plus un point de trace par trace et par vue. La porte TP a un programme en ligne dans un IBM 360/44 qui commande le HPD et stocke les données.

1. Visualisation de la digitalisation réduite d'une photographie de BEBC par HPD.
2. La sortie filtrée de cette même photographie produite par le système de mesure de film.

mentée d'environ 50 %. Pour que l'installation projetée puisse disposer des effectifs appropriés, le personnel d'exploitation du laboratoire du cyclotron (actuellement 26 personnes) devrait approximativement doubler au cours de 1977-78. Les cyclotrons supraconducteurs jumelés actuellement proposés constitueront une installation de pointe pour la recherche avec les ions lourds au cours des années 80.

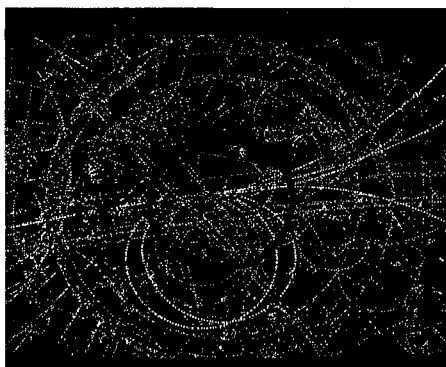
(Nous remercions Julie Eastman des renseignements qui ont servi pour le présent article).

Centro Nazionale Analisi Fotogrammi

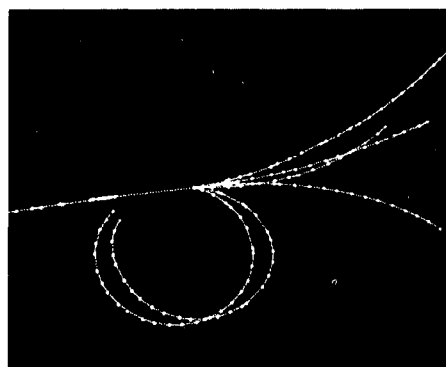
Au Centro Nazionale Analisi Fotogrammi de l'INFN situé à Bologne et utilisé par les physiciens italiens des chambres à bulles, deux HPD fonctionnent depuis plusieurs années, en régime de guidage de couloir et de guidage minimum, pour la mesure de photographies prises dans la chambre à bulles de 2 m du CERN. Un système a maintenant été mis au point pour traiter les photographies de la chambre à bulles BEBC en régime de guidage par points avec ces mêmes HPD.

Ce nouveau système permet l'intervention humaine pendant l'analyse automatique, ce qui n'est pas le cas avec celui utilisé jusqu'à présent pour les films de chambres à bulles. Il s'ensuit que le taux de rejet avec le film de BEBC est très bas (moins de 5 à 10 %). Ce système utilise un processeur en ligne avec le HPD, ce qui permet de diviser à peu près par dix le volume des données numériques du HPD. Le taux de digitalisation pour une photographie de BEBC (dépouillement normal et anormal) est presque de 10 000 mots (segments de trace), quantité qui peut être très facilement traitée par un ordinateur en ligne de moyenne dimension, alors que le HPD lui-même donne environ 100 000 mots par cliché.

Les performances atteintes sont les suivantes: 1) Des dépouillements normaux et anormaux peuvent être



1.



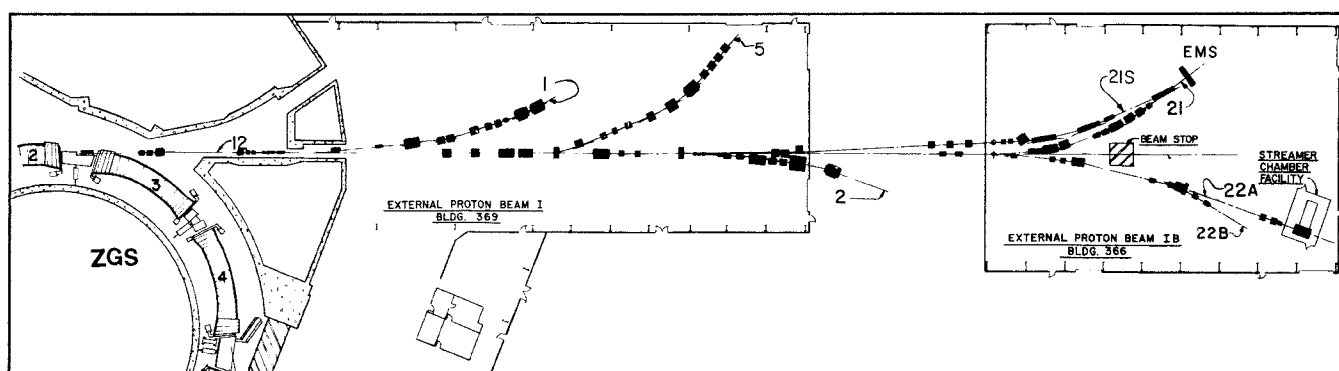
2.

Le système d'extraction des deux nouveaux cyclotrons sera conçu suivant les mêmes principes que le cyclotron actuel de l'Université de l'Etat de Michigan. Parmi les principales caractéristiques, mentionnons l'emploi de la résonance entière pour former une amplitude cohérente dans l'oscillation de focalisation (cette amplitude augmente ou diminue alternativement la séparation naturelle sur un tour suivant la phase de la précession et donne une bonne séparation, sur un

tour, d'environ 5 mm au niveau du déflecteur), trois déflecteurs électriques (fonctionnant à 140 kV/cm) pour amener le faisceau à traverser le plus vite possible la limite du champ magnétique, et trois séries de barres de focalisation en fer montées le long de la trajectoire d'extraction pour compenser la défocalisation naturelle du champ de fuite.

La surface de la zone d'expérimentation sera plus que doublée et celle des bureaux et des laboratoires aug-

Schéma des installations destinées à des expériences avec des faisceaux de protons polarisés au ZGS d'Argonne. Le faisceau polarisé extrait est réparti entre plusieurs lignes et acheminé vers les équipements des expériences désignés par des chiffres sur le dessin.



effectués pour suivre les traces en spirale; 2) Les données filtrées peuvent apparaître sur l'écran de visualisation avec les segments de trace de l'ensemble de la photographie et également les points de prémesure. Toute zone restreinte de la photographie peut être agrandie au niveau du logiciel. A la fin du filtrage, on observe uniquement les données filtrées; 3) Pour les événements d'interprétation difficile, deux types d'assistance sont prévus: premièrement, on peut ajouter des points de trace supplémentaires par l'intermédiaire de l'écran de visualisation pour voir comment le filtre suit la trace et deuxièmement, dans le cas de fuite de données, le niveau de discrimination du HPD ou les paramètres du processeur peuvent être modifiés et le système peut demander un nouveau dépouillement et un nouveau filtrage.

Ce système peut par conséquent opérer de deux façons différentes. Il peut effectuer une suite d'opérations, d'abord sans assistance, et ensuite, pour les événements rejetés, avec assistance. (Pour ce second temps, il faut décider si l'on doit ou non procéder à un nouveau dépouillement du film, avec le HPD.) Ou bien, il peut travailler en mode interprétatif en appelant l'opérateur à l'aide chaque fois qu'un rejet est décelé dans le plan du film.

Actuellement, le Centro Nazionale Analisi Fotogrammi analyse des événements pion négatif-proton enregistrés à 22 GeV/c dans BEBC avec les performances suivantes: environ 35 repères par vue sont mesurés avec une

précision d'environ 10^{-6} cm² et, avec de bonnes prémesures (portant principalement sur le vertex), le taux de rejet est inférieur à 10 % avec l'aide de l'opérateur. La vitesse totale dépend de nombreux paramètres. Dans de bonnes conditions avec une assistance humaine en ligne, la cadence est voisine de 25 événements/heure (pour les événements préalablement dépouillés et prémesurés).

ARGONNE Programme de recherches avec des protons polarisés

Au cours des quelque trois ans qui se sont écoulés depuis que des faisceaux de protons polarisés ont été pour la première fois accélérés au ZGS dans la gamme des GeV, un programme de recherches sur les effets de spin a été très activement développé à Argonne. Si l'on excepte une irradiation de la chambre à bulles de 3,60 m, qui a fourni 300 000 photos, toutes les expériences avec le faisceau polarisé ont été effectuées en utilisant des méthodes de détection électronique, et installées le long de l'une des deux lignes de faisceaux extraits.

Le faisceau est fractionné après sa sortie du ZGS; une partie se dirige vers la zone faisceau 1 dans laquelle les premières expériences avec des faisceaux polarisés ont été réalisées vers la fin de 1973. Dans cette zone, les expériences ont surtout été faites

par un groupe Michigan/Argonne/St-Louis utilisant une cible polarisée avec direction de polarisation du type N (verticale). Les intensités du faisceau sont normalement de 10^{10} ppi. Les sections efficaces différentielles de la diffusion élastique proton-proton dans des états de spin purs ont été mesurées à 6 GeV/c, et actuellement à 12 GeV/c (voir numéro de mai 1976). Un ensemble de sections efficaces pour le spin tridimensionnel ont été mesurées à 6 GeV/c, afin de vérifier l'invariance P et T pour un important transfert d'impulsion, en utilisant un polarimètre à proton de recul; il est prévu d'effectuer d'autres mesures à 12 GeV/c.

Des mesures de différences de sections totales dans des états de spin transverse purs ont été récemment effectuées par un groupe de Rice avec des impulsions comprises entre 1,2 et 3 GeV/c, et on a observé d'importantes différences (non encore bien comprises du point de vue théorique). Dans la zone faisceau 1 est également installé un polarimètre utilisant une cible d'hydrogène liquide, dans lequel on mesure la polarisation du faisceau extrait. Elle est en général de 70 % à 6 GeV/c et de 60 % à 12 GeV/c.

Ensuite, le long de la ligne de faisceau extrait, on trouve la zone faisceau 5 dans laquelle une ligne de faisceau à haute résolution et grande acceptance, initialement conçue pour le transfert de particules secondaires à partir d'une cible de production, a été utilisée comme spectromètre magnétique. Des particules créées lors de collisions inélastiques dans une cible d'hydrogène

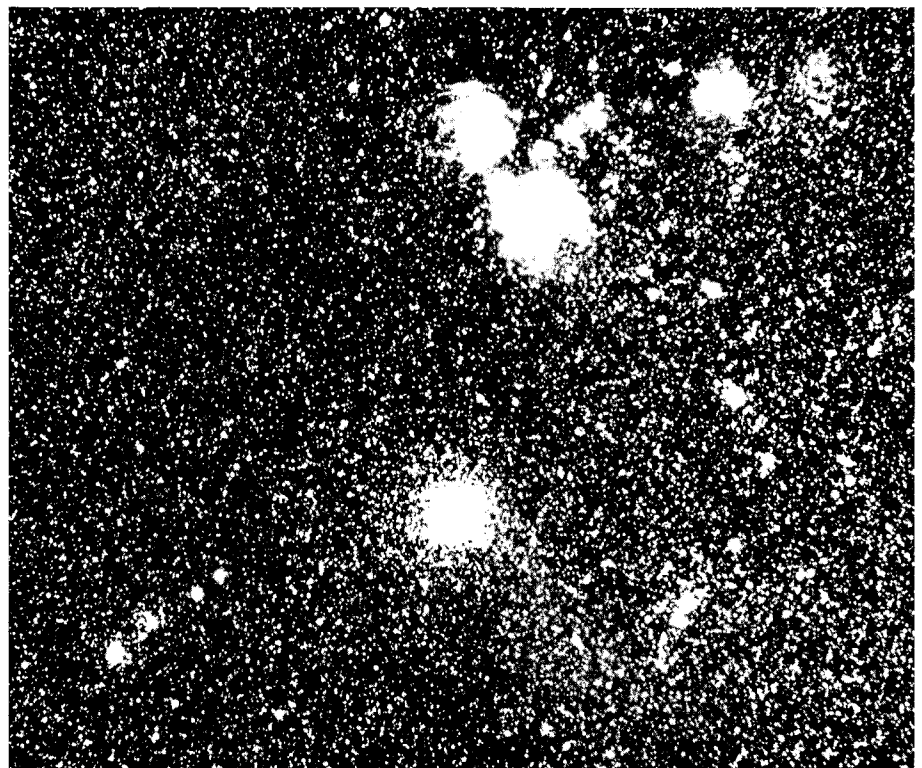
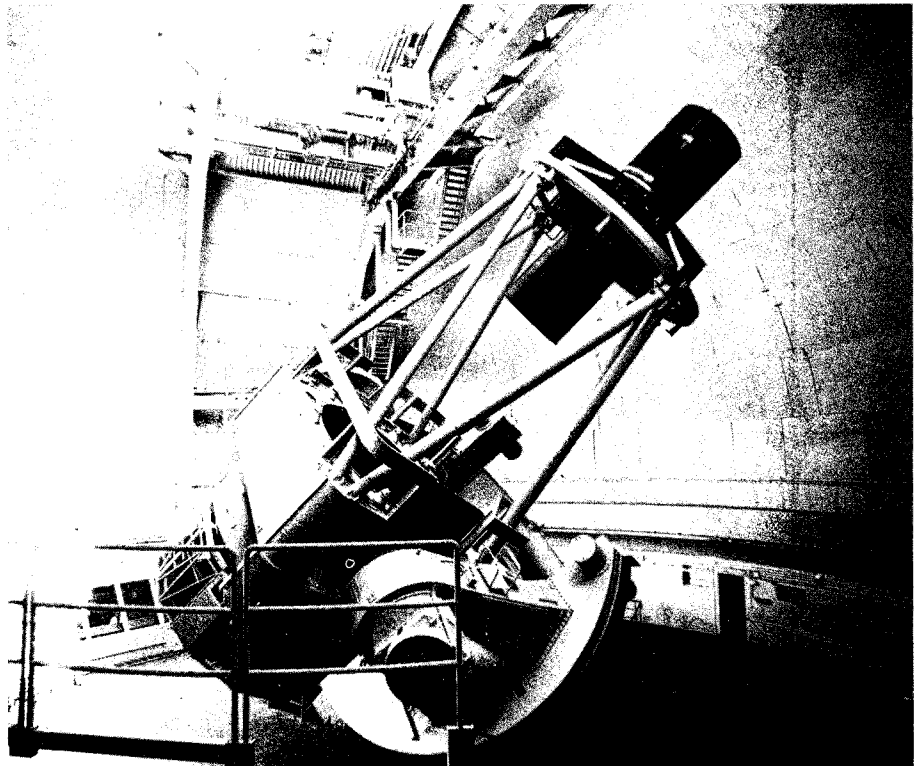
Le télescope de 3,66 m de l'ESO construit sur le Mont La Silla (au Chili) est maintenant entré en service. Les premières photographies, prises le 9 novembre, sont d'une qualité exceptionnelle. Outre qu'elles permettent de déceler des objets célestes de très faible luminosité, la netteté et la symétrie des images prouvent que du point de vue optique et mécanique le télescope a pratiquement atteint la perfection. Le CERN a apporté son aide à l'ESO pour la construction du télescope.

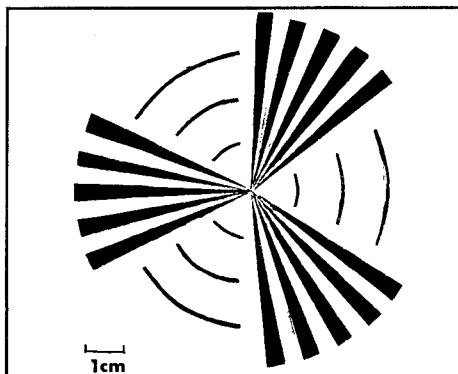
Détail d'une photographie du ciel austral obtenue le 17 novembre avec le nouveau télescope de l'ESO. Elle montre une zone, particulièrement riche en possibilités de recherche, dans la partie occidentale du grand nuage de Magellan. Les grandes concentrations d'étoiles sont des amas globulaires dans le nuage et on distingue également plusieurs nébuleuses gazeuses. La photographie, prise avec un temps de pose de 30 mn, montre au total quelque 50 000 étoiles.

installée sur le faisceau extrait, sont analysées en impulsion et identifiées par des compteurs Tchérénkov. Des études de production inclusive de pions positifs à 6 et 12 GeV/c, effectuées par un groupe Minnesota/Argonne/Rice ont mis en évidence des effets dépendant du spin d'importance inattendue. Le paramètre de dépolarisation a également été mesuré dans l'interaction $pp \rightarrow pN^*$ en utilisant une seconde diffusion du proton produit. L'été dernier, un groupe UCLA / Minnesota / Argonne / Texas a obtenu des données très précises sur la distribution angulaire et la polarisation dans la diffusion élastique $p\text{-}^4\text{He}$, entre 1,2 et 3 GeV/c; une structure angulaire bien marquée, avec rapide dépendance énergétique, a été observée.

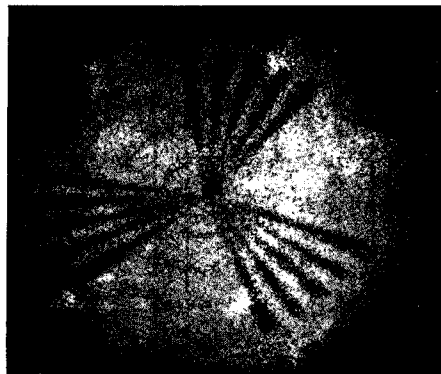
Le faisceau 5 a été récemment modifié afin de prélever et transférer une partie du faisceau de protons extrait. Une expérience effectuée par un groupe Minnesota / Argonne / Rice pour la mesure des polarisations dans les diffusions élastiques proton-proton et proton-neutron entre 2 et 8 GeV/c, à près de 90° dans le centre de masse, est en cours. Au printemps, un groupe d'Indiana entreprendra des mesures très complètes de la production inclusive de particules par des protons polarisés de 6 et 12 GeV/c.

En allant vers l'aval, on rencontre la zone faisceau 2 qui a été utilisée par un groupe Los Alamos / Chicago / Illinois pour rechercher des preuves de violation de la parité par des forces nucléaires faibles. Ces expériences de haute précision mesurent l'effet de la polarisation longitudinale du faisceau sur l'absorption dans des cibles nucléaires épaisses. Au cours d'une première période, on a mis en évidence un effet représentant plusieurs millièmes, mais on a très vite compris qu'il pouvait résulter de désintégrations des hypérons produits, violant la parité. Les résultats obtenus lors d'une seconde période avec un appareillage modifié sont en cours d'analyse. Au cours des prochains mois, on devrait décider s'il y a lieu de pousser l'étude jusqu'au niveau 10^{-7}

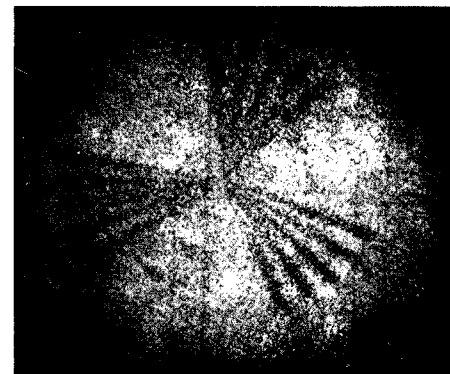




1.



2.



3.

La quatrième zone expérimentale utilisée pour des recherches avec des faisceaux polarisés abrite le spectromètre de masse effective (EMS). Dans cette zone ainsi que dans la zone faisceau 22 décrite ci-dessous, les intensités des faisceaux sont limitées à environ 10^6 ppi du fait des problèmes de protection contre les rayonnements et de la nature de l'appareillage. Les premières expériences avec l'EMS comprennent des études de la production inclusive du λ , effectuées par un groupe Ohio State/Argonne/Chicago, et des études d'état final inélastique inclusif, réalisées par le groupe EMS d'Argonne. Des mesures de la diffusion élastique proton-proton et proton-neutron, également effectuées par le groupe d'Argonne ont mis en évidence des différences élevées surprenantes entre la polarisation dans les deux systèmes; ce phénomène n'est pas encore clairement compris.

Du fait de l'équipement de la ligne de faisceau, ces premières expériences ont utilisé des impulsions limites de 6 GeV/c. En février 1976 une ligne de faisceau supraconductrice à 12 GeV/c (faisceau 21 S) a été mise en service pour alimenter l'EMS (voir numéro de mars), de sorte que ces études pourront être étendues jusqu'à la pleine énergie de la machine. Les mesures à 12 GeV/c sont en cours, et il est prévu de poursuivre en 1977 les études de processus inélastique, en utilisant des protons à polarisation longitudinale.

La zone faisceau 22 est la dernière des zones expérimentales utilisées pour des travaux avec des faisceaux de pro-

tons polarisés; elle est surtout employée pour la desserte d'une seconde cible de protons polarisés, mais le faisceau peut également être dirigé sur la chambre à dards de 1,5 m, sur laquelle vient de s'achever une période d'essais concernant une expérience d'un groupe de Strasbourg qui étudie la dissociation diffractive de protons polarisés par des noyaux d'hélium.

Dans la zone faisceau 22, les travaux avec la cible polarisée sont réalisés par un groupe Argonne/Northwestern. L'objectif actuel est de déterminer les amplitudes de diffusion élastique proton-proton à 6 GeV/c, dans la région du pic de diffraction. A cette fin, il faut pouvoir orienter les directions de polarisation de la cible et du faisceau suivant les trois axes de coordonnées. Des premières expériences ont utilisé des faisceaux et cibles du type N. Ensuite, on a installé un aimant solénoïdal supraconducteur « basculeur de spin », afin de provoquer une rotation de 90° de la polarisation du faisceau autour de la direction de son mouvement, en obtenant ainsi un faisceau polarisé du type S (voir numéro d'octobre). Avec une disposition appropriée des aimants de déflexion placés sur le faisceau, la polarisation du type S peut être convertie en une polarisation de type L (longitudinale). Ce printemps, il a été mis en service un aimant supraconducteur pour cible polarisée, de type « R et A » (également mentionné dans le numéro d'octobre), afin d'obtenir des polarisations de la cible des types S et L. L'une des premières mesures effectuées avec la cible « R et A »

Système à affichage de rayons X utilisant une chambre proportionnelle multifils, développé au Laboratoire Rutherford.

1. Configuration d'essai obtenue à partir d'une feuille de plomb de 0,8 mm collée sur une feuille d'aluminium.

2. Image de la configuration d'essai obtenue sur une unité de visualisation TX 611, lorsque le modèle est irradié par une source de rayons X du gadolinium alors que l'affichage est déclenché par le « pic d'échappement » dans le spectre des amplitudes d'impulsion.

3. Comme (2), mais avec l'affichage déclenché par le « pic de pleine énergie » de ce même spectre.

concerne les différences de sections efficaces totales proton-proton dans des états de spin longitudinal purs, entre 1,2 et 3 GeV/c. Une importante structure a été découverte dans la région 1,5-2 GeV/c; son explication théorique n'est pas encore très claire.

On pense qu'au cours des six prochains mois on disposera d'un ensemble initial de mesures, en principe suffisant pour déterminer les amplitudes de diffusion proton-proton à 6 GeV/c. Les futurs travaux peuvent très bien comprendre une répétition de ces mesures avec emploi d'une cible de neutrons polarisés en cours de développement; on pourrait également passer à 12 GeV/c, afin d'en apprendre plus sur la dépendance en énergie des amplitudes.

En résumé, les travaux effectués au ZGS au cours des trois dernières années ont permis d'ouvrir un nouveau chapitre de la physique; l'étude précise du rôle du spin dans les interactions hadroniques. De nombreux effets inattendus ont été découverts et d'importantes recherches restent à réaliser.

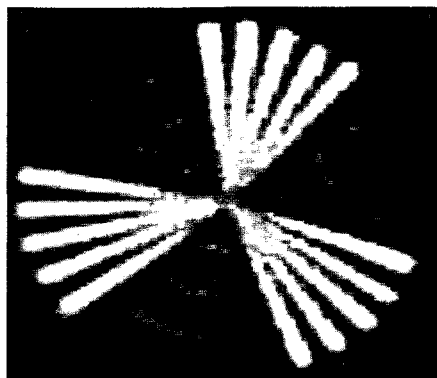
RUTHERFORD DéTECTEURS en biomédecine

Plusieurs laboratoires ont étudié les applications médicales de nouveaux détecteurs de particules développés pour les recherches en physique des hautes énergies. En particulier, les chambres proportionnelles multifils

Lorsque l'image « massique » de l'objet-cible est calculée, les photos fournies par le système de détection sont beaucoup plus claires.

1. Radiographie classique.

2. Image « massique » produite en utilisant l'installation de calcul associée au système.



(MWPC) et les chambres à dérive, issues des travaux effectués au CERN vers la fin des années 60, offrent plusieurs avantages par rapport aux techniques classiques. De récentes études réalisées au Laboratoire Rutherford suggèrent de nouvelles applications des MWPC dans les recherches biomédicales.

On a mis au point un détecteur avec affichage du rayonnement X, basé sur une MWPC à remplissage de xénon, avec commande par ordinateur de la saisie des données et de l'affichage graphique. Ce dispositif est conçu pour des emplois dans des domaines pour lesquels les données numériques et leur traitement ultérieur constituent une caractéristique essentielle; l'estimation de la minéralisation des os et la tomographie sur section latérale représentent des applications typiques. Les premiers essais de ce dispositif ont surtout porté sur l'évaluation des substances minérales dans les os; ils ont été effectués en collaboration avec l'Unité de métabolisme minéral du centre de recherche médicale du Leeds General Infirmary.

Les travaux théoriques réalisés à Rutherford indiquent que lors de l'emploi de la technique d'absorption des rayons X, l'erreur systématique principale portant sur la mesure de la masse osseuse tient à la résolution spatiale du détecteur de rayons X. Pour obtenir la précision requise, il faut que le détecteur ait une résolution spatiale d'environ 1 mm, avec une énergie du rayonnement X suffisante pour pénétrer à travers l'élément anatomique étudié (en général, l'avant-bras). Des études

théoriques ultérieures ont montré que de telles exigences peuvent être satisfaites lorsque l'on utilise un faisceau de rayons X d'environ 42 keV, avec une MWPC à remplissage de xénon, en sélectionnant les impulsions de sortie de manière à retenir le « pic d'échappement ». L'étude expérimentale a clairement montré qu'une mesure d'énergie exempte d'ambiguïté (utilisant le pic à pleine énergie) est incompatible avec une bonne résolution spatiale (comme on peut le constater sur les figures).

Les performances du système d'affichage sont encore améliorées du fait de la puissance de calcul de l'électronique associée. La normalisation de l'image du rayonnement X d'un objet-cible s'effectue d'après les données saisies puis stockées sur le disque de l'ordinateur; on peut alors afficher une image de la distribution de la masse dans cet objet. Cette procédure permet un affichage direct du paramètre ayant un intérêt clinique (par exemple la masse de l'os), tout en éliminant les erreurs systématiques dues aux non uniformités de la chambre et du faisceau. Les avantages de ce traitement peuvent être observés sur les figures.

Les performances des MWPC atteintes dans le présent travail devraient conduire à une précision d'environ 1 % pour les mesures « in vivo » de la masse minérale des os, ce qui représente un progrès considérable par rapport aux techniques actuelles. Les applications concernant la mesure de la masse des os de la colonne vertébrale et la tomographie sur section latérale semblent

également intéressantes. La tomographie par rayons X, c'est-à-dire l'étude de sections à travers des structures biologiques, s'est beaucoup développée à la suite de la mise au point par EMI Ltd d'un équipement perfectionné, pour les sections axiales. L'équipement utilisant les MWPC pour des travaux sur sections latérales pourrait se révéler beaucoup moins coûteux.

DESY

Fête sur le chantier de PETRA

Le 2 décembre, le chef de chantier brisait symboliquement son verre sur le dernier chevron qu'il venait d'installer au-dessus du hall sud-est de PETRA, l'anneau de stockage à électrons-positons de 19 GeV. Sur les 2,3 km de circonférence du tunnel de PETRA, il ne restait plus à terminer que quelques mètres et l'événement a été célébré par une visite du chantier. M. Dieter Bialas, sénateur de Hambourg, et plusieurs autres invités, ainsi que plus de 200 personnes travaillant sur le chantier, ont saisi cette occasion d'inspecter l'ensemble du tunnel de l'anneau pour voir ce que faisait l'équipe de DESY dans les sections qui lui ont déjà été remises. A l'extérieur, le sommet du tunnel sous sa forme définitive n'est plus visible sur les trois quarts de sa circonférence. Une partie est recouverte de terre sur une hauteur de 3 m, entourant le Laboratoire DESY comme les murs d'une cité, tandis que, dans d'autres secteurs souterrains, la seule trace visible est une traînée de sable frais de couleur jaune.

Lorsque les visiteurs pénétrèrent dans les installations terminées du hall d'expérimentation Nord-Ouest, il leur fut servi un repas agrémenté de toasts et de discours prononcés par des hommes politiques, des responsables de la construction et des physiciens. Herwig Schopper, président du Directeur de DESY, mentionna dans son discours que des particules attendent déjà d'être injectées dans

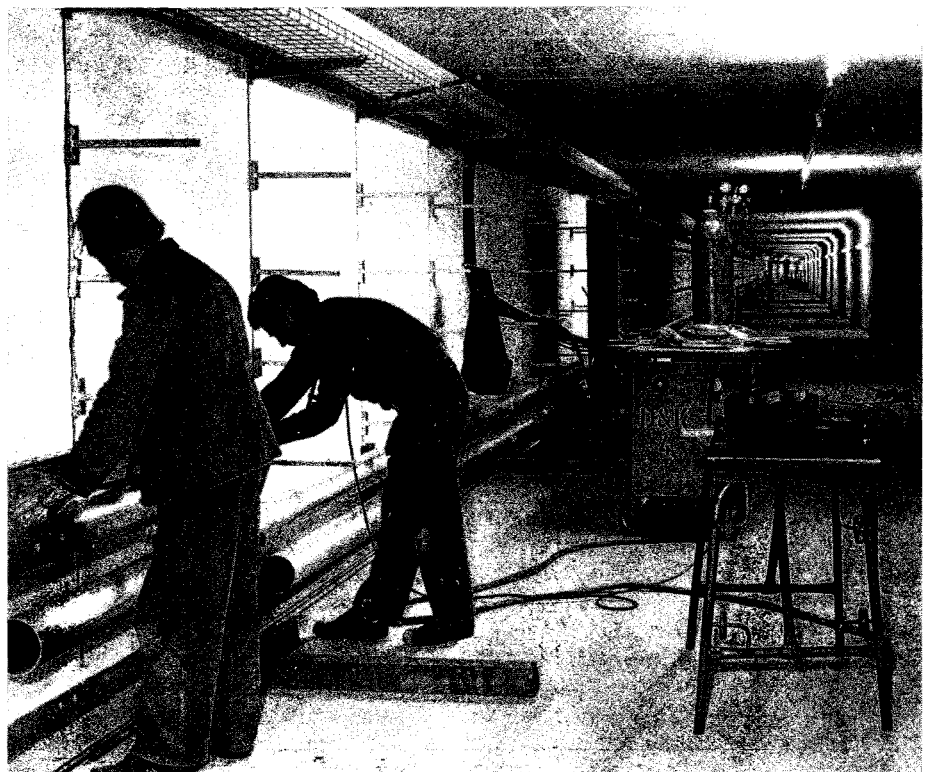
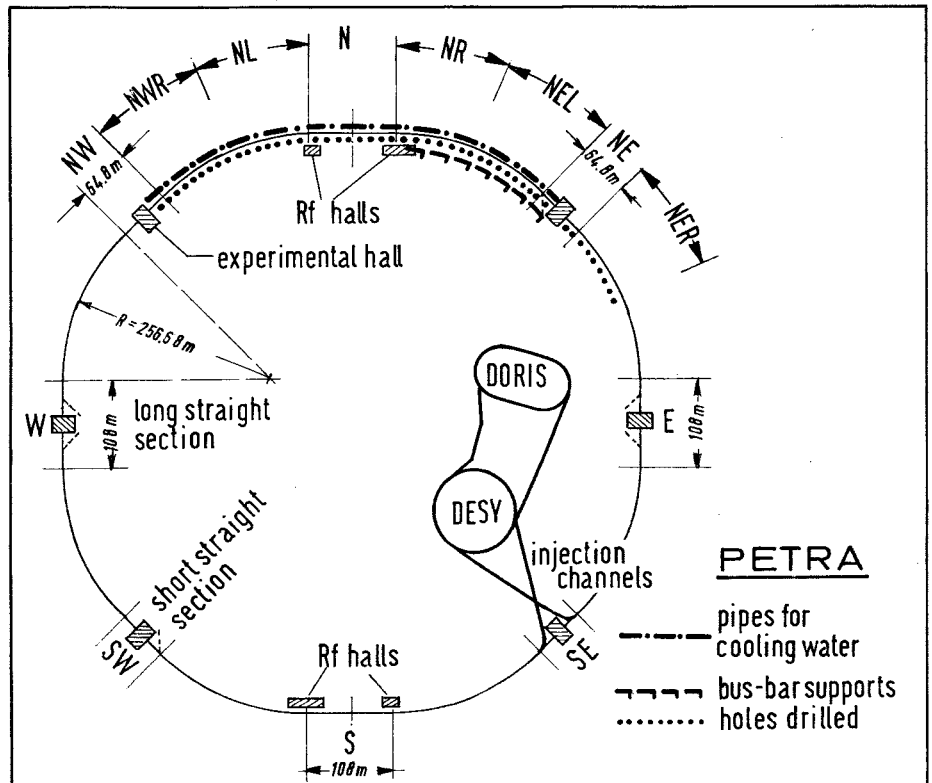
Plan de l'anneau de stockage électrons PETRA en cours de construction au Laboratoire DESY. L'édification du tunnel est pratiquement achevée et la partie de l'anneau représentée en haut sur le dessin montre l'état d'avancement de l'installation des services (refroidissement, supports de barres omnibus, préparatifs pour l'installation des aimants). Les sections droites Nord-Ouest, Nord-Est, Sud-Est sont les quatre sections qui serviront initialement aux expériences. Le programme d'expérimentation a été décrit dans notre numéro de novembre.

Vue de l'intérieur du tunnel de PETRA montrant les travaux d'installation en cours.

PETRA. Un nouveau hacheur de faisceau, installé sur le LINAC II, a permis de stocker dans DORIS trente paquets d'électrons équidistants à un rythme correspondant à un temps de remplissage de plusieurs minutes dans PETRA. En janvier 1977, le système d'éjection à partir du synchrotron DESY sera prêt et l'installation des lignes de transfert de faisceau de 7 GeV reliant DESY à PETRA pourra commencer. On espère que le système d'injection et un octant de l'anneau seront achevés en mai et que la nouvelle machine pourra alors accueillir les premières particules.

Au cours de ces dernières semaines, des trous ont été pratiqués dans le sol du tunnel pour l'installation des supports des aimants. Quatre prototypes d'aimant de courbure ont été construits pour contrôler les méthodes de fabrication et déterminer la configuration définitive des pôles ainsi que la technique de soudage. Les tôles qui équiperont les premiers aimants de série ont été découpées en novembre et on procède maintenant à leur assemblage. La production des 231 autres dipôles commencera en février 1977, au rythme d'un aimant par jour. Les premiers quadrupôles de série devraient être livrés ce mois-ci. 304 aimants de ce type seront produits au rythme de vingt par mois. Lorsqu'ils arriveront à DESY, les aimants seront mesurés et on pense pouvoir contrôler un dipôle et environ trois multipôles par jour.

Les problèmes particuliers liés à la nécessité de disposer d'une chambre à vide parfaitement « lisse » avec de faibles pertes d'énergie HF dans la mode parasite (voir l'article sur PEP dans le numéro d'octobre, page 348) ont été résolus par la mise au point de plusieurs techniques nouvelles au Laboratoire DESY. Les modèles standard de chambre à vide de PETRA seront réalisés en profilés d'aluminium extrudés comportant quatre canaux qui recevront respectivement le faisceau, le système intégré de pompes ioniques à pulvérisation, le refroidissement par eau et les éléments d'étu- vage. 80 chambres en aluminium ont



Nouvelles brèves

déjà été reçues. Dans chaque chambre, une centaine de fentes seront pratiquées dans la paroi séparant le canal des pompes du faisceau, grâce à une technique d'étincelage. L'emploi de nouvelles techniques de soudage (voir le numéro d'avril, page 138) permettra une plus grande liberté de conception des éléments du système à vide et diminuera sensiblement les coûts de production de la chambre. Un prototype de chambre à vide standard sera achevé à la fin de décembre et la production en série commencera en février.

Des prototypes de pompes ioniques intégrées à pulvérisation, avec deux types de chambres de section différente (32 et 17 mm) ont été essayés. La production en série des pompes a commencé dans l'atelier de l'Université technique d'Aix-la-Chapelle et les premiers éléments seront livrés ce mois-ci. On a essayé avec succès une nouvelle méthode de dégazage des chambres à vide dans laquelle les anodes des pompes servent à entretenir une décharge lumineuse dans une atmosphère d'argon. Cette méthode de nettoyage « in situ » donne toute satisfaction et semble très supérieure au dégazage thermique.

A l'intérieur du tunnel, la paroi extérieure est recouverte de plusieurs supports en forme de peigne qui recevront une soixantaine de kilomètres de barres omnibus pour l'alimentation des quadrupôles et des sextupôles. (En ce qui concerne les dipôles, le courant sera transporté directement d'un aimant à l'aimant suivant.) Près du sol du tunnel, deux conduites d'aluminium apporteront l'eau de refroidissement nécessaire aux aimants et à l'installation de vide.

Dans les sections droites nord et sud, le tunnel de l'anneau s'élargit pour recevoir les cavités, au nombre de 32 par section, qui fourniront l'énergie accélératrice et compenseront les pertes par rayonnement synchrotron. Au moins 16 cavités seront installées d'ici 1978, ce qui permettra d'obtenir des particules d'une énergie de 15 GeV pour les essais de la machine. Au début de 1979, 32 cavités seront en

place, ce qui permettra d'atteindre une énergie de 17,5 GeV et lorsque le premier stade du projet PETRA sera achevé, on disposera de 64 cavités donnant une énergie de 19 GeV. Des prototypes de ces cavités à cinq éléments ont été essayés en onde entretenue avec une dissipation de puissance maximum de 150 kW sans qu'on constate aucune instabilité thermique. Il n'a pas été observé non plus d'effet d'avalanche et un revêtement en titane n'est pas nécessaire. La livraison des cavités commencera en janvier 1977. Des fenêtres de couplage et des pistons d'accordage sont en cours de fabrication à DESY et des commandes relatives à un système de transition à guide d'ondes et à huit klystrons de 500 kW chacun ont été passées.

Le projet dans son ensemble se poursuit conformément au calendrier prévu et ses responsables espèrent vivement que les travaux qui restent à faire dans les années à venir se dérouleront de manière aussi satisfaisante que ceux de l'année 1976. On commence déjà à se tourner vers le futur et il semble qu'on attende beaucoup de la mise au point de cavités HF supraconductrices semblables à celles qui sont étudiées à Karlsruhe. Ces cavités permettraient d'accroître l'énergie du faisceau sans que les coûts liés à l'alimentation électrique soient prohibitifs. Le système magnétique de PETRA permettra de maintenir en orbite des particules d'une énergie maximum de 40 GeV et une nouvelle étape du projet PETRA deviendra techniquement réalisable si l'on surmonte les problèmes liés aux cavités supraconductrices HF.

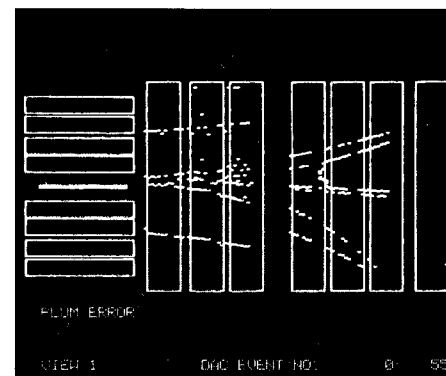
Événement enregistré dans le spectromètre Oméga du CERN, au cours d'essais du faisceau d'électrons produit par les protons du SPS, le 12 novembre. Il s'agit du premier faisceau d'électrons à haute énergie qui ait été établi au CERN; les physiciens ont été très satisfaits de pouvoir observer de tels événements sans aucun accordage du faisceau ou de leurs détecteurs.

Super-aimants

Les quatre aimants dipolaires supraconducteurs, qui devraient doter la ligne de faisceaux non séparée de haute énergie reliant l'AGS au spectromètre de particules multiples de Brookhaven, ont été installés après des essais couronnés de succès. Les aimants d'une longueur unitaire de 2,5 m et de 20 cm d'ouverture produisent un champ de courbure de 4 T. Leur conception est analogue à celle des aimants dont on se propose d'équiper les anneaux de stockage de protons de 200 GeV (ISABELLE) et leur bon fonctionnement a ravivé la confiance de l'équipe chargée de ce dernier projet.

L'avenir de la physique

Dans le courant de 1976, trois groupes d'étude se sont penchés au CERN sur les recherches en physique qu'il serait possible d'entreprendre avec des accélérateurs futurs. Les résultats de ces réflexions sont maintenant publiés sous la forme de « Rapports jaunes ». Le rapport CERN 76-12 rédigé sous la direction de L. Camilleri traite des expériences de physique avec un synchrotron à protons de plusieurs TeV et des anneaux de stockage de protons de 400 + 400 GeV (LSR, grands anneaux de stockage). Le rapport CERN 76-18 envisage les expériences qu'autoriserait un anneau de stockage d'électrons-positons d'une énergie maximum de 100 + 100 GeV (LEP, grand anneau de stockage d'électron-positon). Le groupe chargé d'étudier



André Klein.

Wim Klein.

En page voisine, le quadripôle supraconducteur prototype qui a si bien fonctionné lors d'essais dans la Division des ISR du CERN.

les possibilités offertes par le LEP était présidé par Pierre Darriulat. Les deux rapports peuvent être obtenus auprès du Service d'information scientifique, CERN, 1211 Genève 23 (Suisse).

Ce qu'il ne faut pas faire avec des particules accélérées

Remue-ménage dans le commerce des pierres précieuses à Genève, le 11 novembre. Un gros diamant qui devait selon les prévisions atteindre environ 3 millions de francs suisses lors d'une vente aux enchères de Christie's, a été retiré en raison d'un doute planant sur l'origine de sa teinte jaune qui, loin d'être naturelle, aurait été obtenue par irradiation avec un faisceau produit par un cyclotron. Une telle irradiation, en modifiant la structure cristalline, peut changer les propriétés de transmission lumineuse d'un diamant. Un diamant artificiellement teinté de cette manière voit, pour des raisons obscures, sa valeur diminuer de dix fois.

Accélérateurs générateurs de puissance

Bob Wilson, directeur du Laboratoire Fermi a appliqué son esprit fertile à un nouvel examen de la possibilité d'utiliser les accélérateurs pour produire de l'énergie par le biais de la fission nucléaire. Cette possibilité repose sur la constatation que le fonctionnement des accélérateurs dotés d'aimants supraconducteurs n'exige qu'une puissance réduite et la construction du doubleur d'énergie supraconducteur au Laboratoire Fermi est sans nul doute à l'origine de cette nouvelle réflexion. Les opérations devraient se dérouler dans l'ordre suivant: des protons de haute énergie serviraient à produire des neutrons lesquels, par absorption dans l'uranium ou le thorium, donneraient une matière fissile, comme le plutonium, qui serait brûlée dans un réacteur. La combinaison de certains paramètres des accélé-

rateurs (énergies, intensités, etc.) pourrait rendre ces opérations productives, c'est-à-dire permettrait d'obtenir plus de puissance qu'il n'en faut pour accélérer les protons. Le professeur Wilson, tout en admettant qu'il existe de meilleurs moyens de produire du plutonium, fait observer que les intensités des faisceaux de protons indispensables dans tout système analogue à celui qu'il envisage constitueraient une source de neutrinos absolument remarquable.

Personnalités

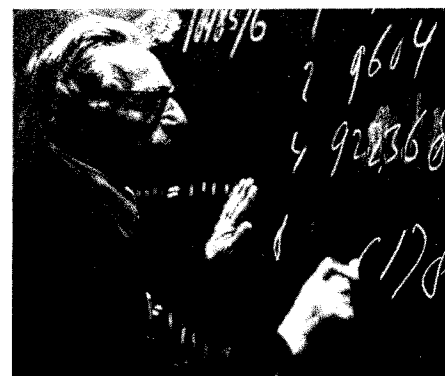
Par une étonnante coïncidence, le CERN fait ses adieux en même temps à deux membres éminents de son personnel répondant l'un et l'autre au nom de Klein. André Klein a réintégré les échelons supérieurs de l'Administration française après cinq années passées au CERN en qualité de chef de l'Administration du projet SPS. A ce titre, il a notablement contribué à l'harmonisation des relations avec les deux pays hôtes, la France et la Suisse, au cours des négociations complexes auxquelles a donné lieu l'extension considérable du domaine du CERN. Wim Klein, l'ordinateur humain, a pris sa retraite au terme de dix-huit années d'activité au sein de la Division Théorie. Ses dons prodigieux pour le calcul mental sont légendaires — ils sont certainement peu nombreux alentour ceux qui peuvent seulement imaginer la difficulté d'extraire en quelques minutes la racine 37 d'un nombre de 220 chiffres! Son départ a été marqué le 10 décembre par un « spectacle d'adieu » dans l'auditorium du CERN où il a accompli des exploits toujours aussi brillants.

Frank Cole du Laboratoire Fermi travaille désormais aux côtés de John Blewett, de Brookhaven, en qualité de co-rédacteur de la revue « Particle Accelerators » éditée par Gordon et Breach. John, qui assure la direction de la revue depuis sa création, a exprimé son intention de



CERN 146.9. 76

1.



CERN 217.8.76

2.

quitter son poste au mois de juillet prochain.

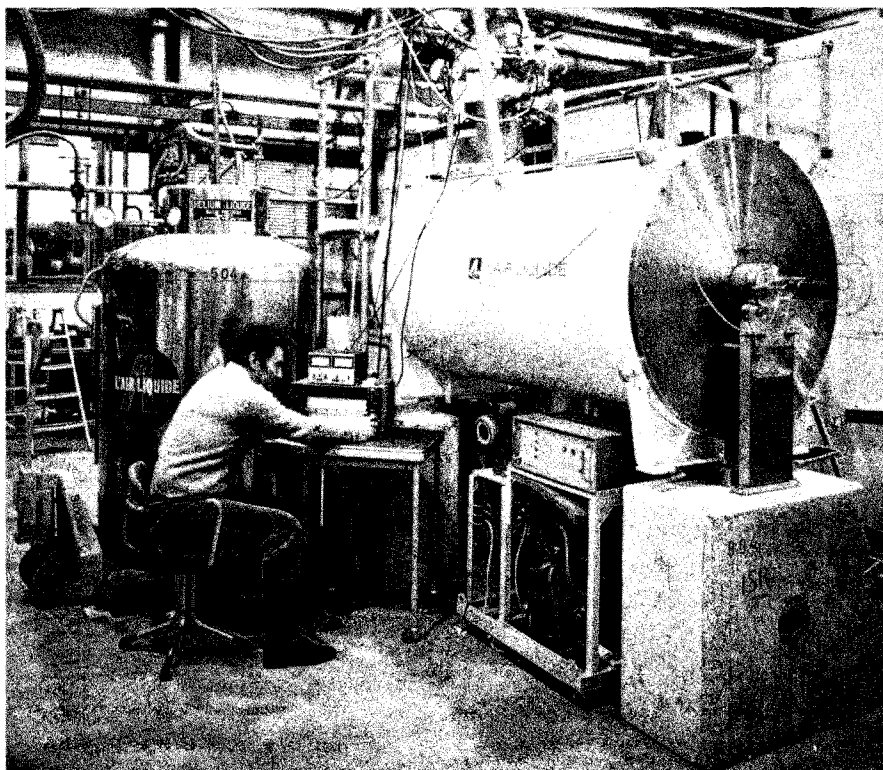
Nouvelles nominations au Laboratoire Fermi: Drasko Javanovic devient Chef-adjoint de la Division de la Recherche. Linc Read devient Chef des Services de recherche. Dennis Theriot et Dick Lundy permutent et deviennent respectivement Chef et Chef-adjoint du Département neutrino.

A l'occasion de leur trentième anniversaire, les « Associated Universities Inc. » qui exploitent le Laboratoire de Brookhaven ont apposé des plaques en hommage à I.I. Rabi et Franklin A. Long pour les services éminents qu'ils ont rendus pendant plusieurs années à Brookhaven et à l'Observatoire national de radio-astronomie.

Le Comité consultatif des programmes du SLAC comprend cinq nouveaux membres dont le mandat va jusqu'en 1978: Joe Ballam (SLAC), Robert Cahn (Michigan), John Kadyk (LBL), James Pilcher (Enrico Fermi Institute) et Stanley Wojcicki (Stanford).

Quadripôle supraconducteur de qualité aux ISR

Un quadripôle supraconducteur prototype qui pourrait être utilisé dans une insertion à haute luminosité aux anneaux de stockage à intersections du CERN a subi brillamment une série



CERN 222.11.76

d'essais et de mesures magnétiques dans son propre cryostat horizontal. (Il a été rendu compte des premiers essais dans un cryostat vertical dans le numéro de mai, page 185). Des tolérances très serrées sur le gradient du champ ne permettent une erreur maximale que de 2 millièmes sur l'ouverture de faisceau de l'aimant; cette condition a été remplie au gradient de champ de crête nominal de 40 T/m avec un champ maximal de 5,1 T dans les enroulements de l'aimant supraconducteur. Cet aimant est d'une qualité telle que l'on pourrait envisager avec optimisme de l'installer dans les ISR.

Bilan

Ce numéro de décembre clôt le premier volume, nouvelle formule, du COURRIER CERN dans lequel nous avons cherché à élargir le cercle de nos informations, afin de mieux présenter les activités de la communauté mondiale des physiciens des hautes énergies. Grâce à l'excellente collaboration de nos correspondants dans les laboratoires (voir la liste au revers de la couverture), nous avons rempli nos objectifs. Bon nombre d'améliorations demeurent pourtant possibles et, au cours de l'année à venir, nous espérons accroître nos efforts au niveau de la rédaction de manière à tirer un meilleur parti du réseau de communications mis en place durant cette première année.

Nous nous plaisons également à remercier tous ceux qui assurent

avec tant de soin la diffusion de la revue dans plusieurs grands pays. Après une période de rodage, les nouveaux systèmes semblent jouer efficacement leur rôle (bien qu'il reste à mettre en place le réseau de diffusion en France). Nous tenons enfin à remercier les Presses Centrales de Lausanne qui ont assuré l'impression du COURRIER CERN pendant les quatre dernières années. Leur compétence et leur zèle remarquables ont considérablement facilité la tâche du rédacteur en chef.

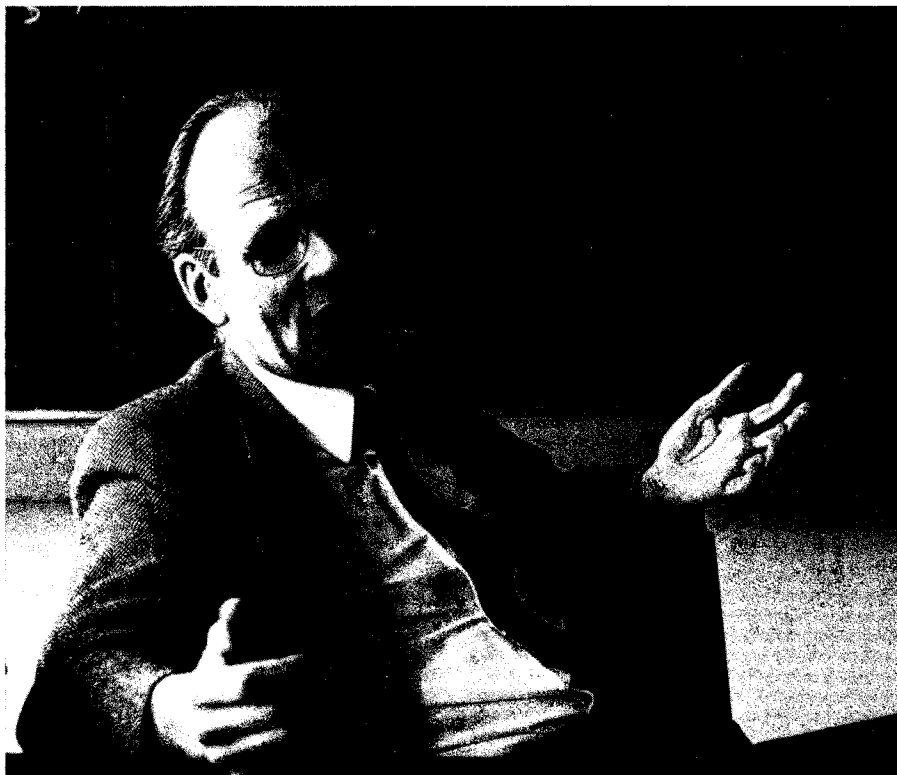
LE COURRIER sera confié à un nouvel imprimeur au début de 1977 et il a été décidé de commencer l'année avec un numéro commun pour janvier et février. La parution d'un numéro dans les premiers jours de janvier est en effet toujours difficile (en raison notamment des retards dans l'acheminement du courrier après les fêtes de fin d'année). Le numéro paraîtra à la mi-février et, forts du soutien renouvelé de nos nombreux et excellents collaborateurs, nous espérons servir mieux encore la communauté des physiciens des hautes énergies en 1977.

Un point de vue

Léon Van Hove, directeur général de la recherche au CERN, a présenté l'exposé final à l'Ecole internationale sur les accélérateurs de particules, qui s'est tenue à Erice du 10 au 22 novembre. Le titre de la conférence était: « Qu'est-ce que les physiciens attendent des plus hautes énergies? ». Exprimant son appréciation personnelle sur les perspectives offertes en physique des hautes énergies, le professeur Van Hove a conclu par les remarques suivantes concernant la nécessité d'une stratégie pour la sélection et l'exploitation des futurs grands accélérateurs.

Les récents développements ont très clairement montré que des machines de plus hautes énergies peuvent nous permettre d'accéder à d'importantes connaissances nouvelles. L'intérêt des phénomènes à étudier et les progrès réalisés vers des théories unifiées constituent un gage de la validité et de la vitalité de la physique des hautes énergies. Il ne semble donc y avoir aucune raison pour que cette branche de la physique, de toute évidence fondamentale et source de progrès constants, ne continue pas à bénéficier d'un soutien de niveau raisonnablement élevé. Le problème n'est pas tellement de savoir si de nouveaux accélérateurs de haute énergie seront construits dans l'avenir. En fait, dès maintenant de nouveaux anneaux de stockage à électrons-positons sont en cours de construction à DESY et au SLAC, et le Laboratoire Fermi construit un doubleur d'énergie pour accélérer des protons jusqu'à 1000 GeV (1 TeV).

Le véritable problème consiste plutôt à s'assurer que grâce à une stratégie adéquate de mise en service de nouveaux accélérateurs, les ressources mondiales affectées à la physique des hautes énergies soient dépensées de manière à maximiser le profit global et le progrès scientifique escomptés. Dans ce cadre, deux circonstances jouent un rôle déterminant. D'une part, il est évident que le progrès en physique exige l'emploi de plusieurs types complémentaires de machines; d'autre



Léon Van Hove, directeur général
de la recherche au CERN.

part, il est de fait que le coût de chacune d'elles est susceptible d'absorber les possibilités financières de tout un continent pendant de nombreuses années.

Il est par conséquent extrêmement important d'adopter une nouvelle approche plus systématique en matière de coordination mondiale pour les futurs projets de grands accélérateurs, quelque peu analogue à celle qui a permis en Europe occidentale au début des années 60, la création du Comité européen pour les futurs accélérateurs (ECFA). A la suite d'une recommandation d'un groupe d'étude interrégional concernant la possibilité de construire un « Très grand accélérateur » (VBA, Very Big Accelerator), à l'échelle mondiale, la commission Particules et champs de l'Union internationale de physique pure et appliquée a décidé en juin 1976 de créer un Comité interrégional pour les futurs accélérateurs (ICFA). Il devrait patronner des discussions et études sur de futurs grands projets intéressant diverses régions du monde engagées dans des recherches en physique des hautes énergies. La contribution que l'ICFA est susceptible d'apporter est réellement très importante, et rappelle le rôle crucial que l'ECFA a joué dans le fructueux développement de la physique des hautes énergies en Europe.

Si l'on examine plus concrètement la situation dans les trois principales régions du monde exploitant de grands accélérateurs, on peut esquisser le panorama ci-après. Les physiciens soviétiques spécialistes des hautes

énergies, utilisant pour l'essentiel le synchrotron à protons de 70 GeV de Serpoukhov, établissent le projet d'une nouvelle machine du même type, opérant dans la gamme d'énergies 2-5 TeV. On pense que le nouveau synchrotron devrait être construit dans les années 80; il s'y ajouterait un anneau à électrons pour l'étude des collisions électron-proton.

Aux Etats-Unis, le synchrotron à protons de 400 GeV du Laboratoire Fermi est exploité depuis 1972, et un doubleur d'énergie devant fournir 1 TeV est en cours de construction; il est également prévu de l'utiliser pour la réalisation de collisions proton-proton, en l'associant à l'anneau de l'accélérateur déjà en service (*). L'anneau de stockage à électrons-positons (PEP) est en construction au SLAC, et deux projets possibles d'anneaux proton-proton à très haute énergie (ISABELLE et POPAE) sont en cours d'étude.

En Europe occidentale, le CERN achève la construction de son synchrotron à protons de 400 GeV, et des travaux ont été lancés pour PETRA, l'anneau de stockage à électrons-positons de DESY (Hambourg). Des études préliminaires se poursuivent sur divers projets d'anneaux de stockage, ayant chacun leurs propres défenseurs (*). Parmi les options pos-

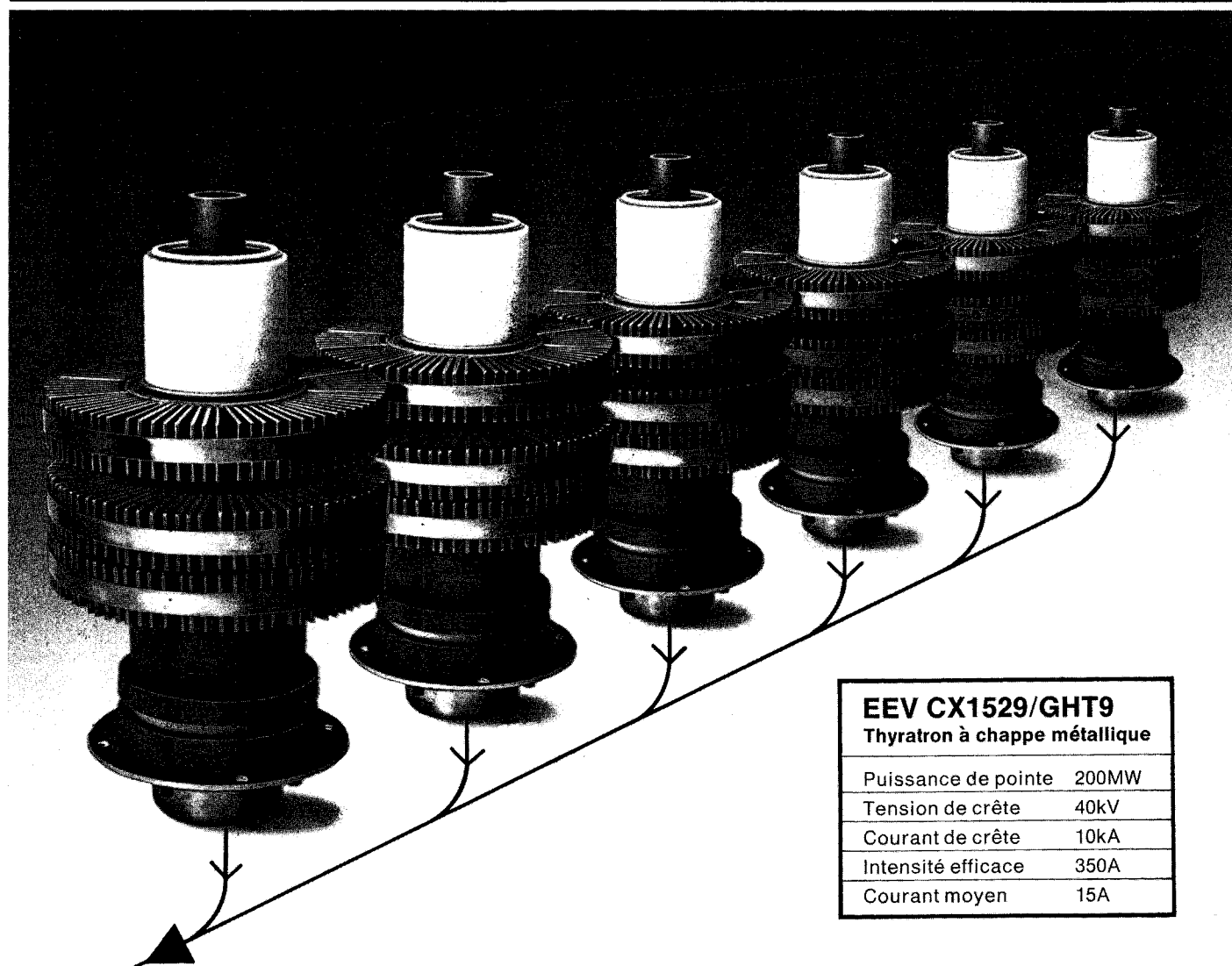
sibles, un certain nombre de physiciens s'intéressent particulièrement à une installation électrons-positons à très haute énergie, conçue comme une future grande entreprise européenne.

Si chacune des tendances évoquées ci-dessus se concrétisait, nous aurions ainsi un exemple de partage raisonnable de travaux entre les diverses régions du monde pour ce qui est des accélérateurs exploités en physique des hautes énergies au cours des prochaines décennies. Bien que d'autres formes de partage soient naturellement possibles, il faut cependant considérer que toute duplication de l'un des très grands projets envisagés peut entraîner l'abandon de la construction d'une autre des machines souhaitables, tout au moins pendant très longtemps.

Heureusement, la collaboration intercontinentale en physique des hautes énergies s'est développée rapidement au cours des dernières années, en particulier avec l'exploitation des ISR du CERN et des grands synchrotrons à protons de Serpoukhov, du Laboratoire Fermi et du CERN. Par conséquent, il n'est peut-être pas trop optimiste d'envisager qu'une coordination raisonnable des plans régionaux puisse se réaliser, en vue d'un emploi efficace de ressources nécessairement limitées, au bénéfice des futurs progrès de la physique des hautes énergies; ainsi s'ouvrirait la voie vers une collaboration mondiale mieux intégrée, dans l'une des branches les plus fondamentales de la science.

(*) Le Laboratoire Fermi et le CERN étudient également l'emploi possible de leurs accélérateurs en service pour la réalisation d'expériences avec collisions de faisceaux de protons-anti-protons.

Big break.



EEV CX1529/GHT9 Thyratron à chappe métallique

Puissance de pointe	200MW
Tension de crête	40kV
Courant de crête	10kA
Intensité efficace	350A
Courant moyen	15A

Vous pouvez faire fonctionner autant de CX1529 montés en ligne que vous voudrez – pour élargir la capacité d'impulsion et de courant moyen.

La fabrication à tétrode donne une répartition optima du courant au moment de la mise en circuit.

Un courant de filtrage contrôlé par un tube régulateur fer-hydrogène élimine les

réglages critiques de basse tension.

Quand les circuits sont compatibles, dix tubes CX1529 montés en ligne ont une puissance de courant impulsion de 100kA et d'une moyenne de 150A.

Demandez les détails sur ce tube EEV unique au plus vite. Prenez contact dès maintenant avec nous à Chelmsford, Angleterre.

EEV and M-OV know how.

Members of GEC – turnover £1902 million

THE M-O VALVE CO LTD, Hammersmith, London, England W6 7PE. Tel: 01-603 3431. Telex: 23435. Grams: Thermionic London.
ENGLISH ELECTRIC VALVE CO LTD, Chelmsford, Essex, England CM1 2QU. Tel: 0245 61777. Telex: 99103. Grams: Enelectico Chelmsford.

sbc 

LA17

**PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT ACADÉMIQUE
DU CERN
(1976-1977)**

Ce Programme de cours est organisé chaque année par le Comité de l'Enseignement académique.

2^e trimestre:

- | | |
|----------------------|--|
| 2, 3, 4 et 8 février | The new particles and their spectroscopy, par J. D. Jackson (University of California, Berkeley) |
| 23, 24 et 25 février | Properties of materials and components at cryogenic temperatures, par M. Van de Voorde (Euratom & CERN) |
| 2, 3, 4, 8 et 9 mars | Polarization analysis in high-energy experiments, par L. Michel (Institut des Hautes Etudes Scientifiques, Bures-sur-Yvette) |
| 29, 30 et 31 mars | Transition radiation and total absorption detectors, par W. Willis (CERN) |

Ces cours, donnés en anglais, ont lieu à 11 h. 00.

Le programme du 3^e trimestre sera publié dans le numéro de mars du COURRIER CERN.

Service de l'Enseignement
CERN, 1211 Genève 23
Téléphone: 022/41 98 11, interne 2844

Publicité dans le COURRIER CERN

Les annonces paraissent simultanément dans chacune des deux éditions anglaise et française. Les insertions dans la deuxième langue sont acceptées sans supplément. Par contre, les frais de traduction sont facturés à part.

Espace (page)	Surface utile (mm) largeur × hauteur	Prix par insertion (en francs suisses)		
		1 insertion	5 insertions	10 insertions
1/1	184 × 267	1300	1200	1100
1/2	184 × 130	700	650	600
1/4	88 × 130	380	350	320

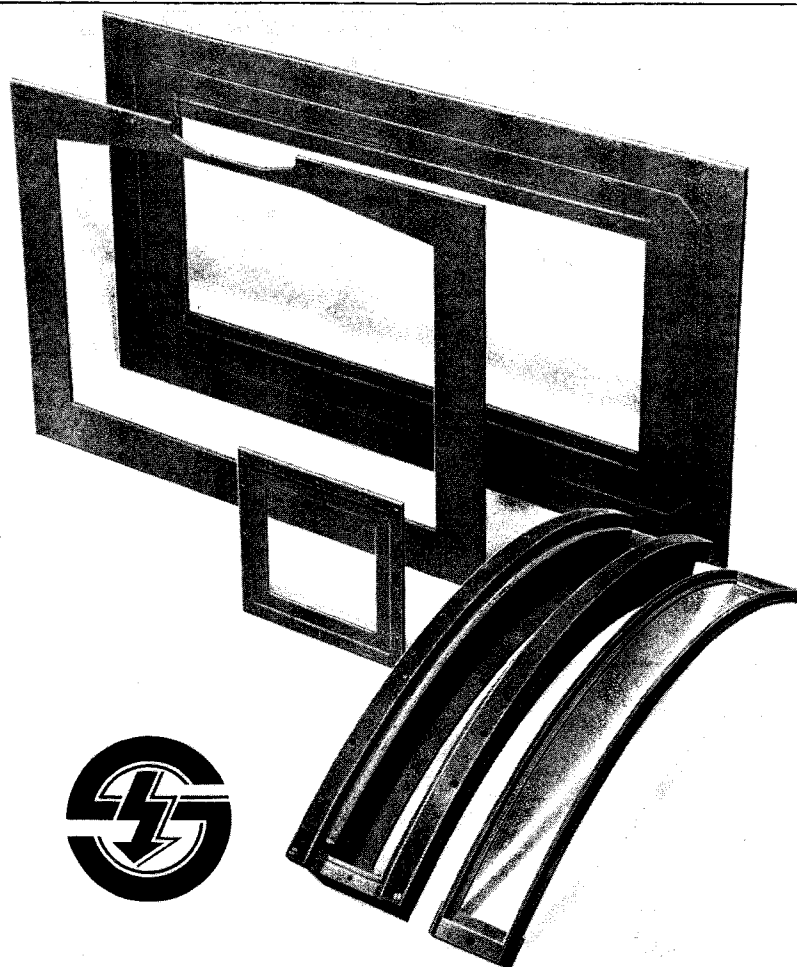
Supplément pour une couleur 950 Fr. s.
 Quadrichromie 3800 Fr. s.
 Pages de couverture :
 Couverture 3 (1 couleur) 1450 Fr. s.
 Couverture 4 » » 1780 Fr. s.
 Date de publication Fin du mois de référence
 Délai de réception des films positifs et textes le 1^{er} du mois de référence
 Les frais de fabrication des films sont facturés à part
 60 ou 54 suisse (150 anglaise et française)
 Les annulations parvenues après le 1^{er} du mois de référence ne sont pas prises en considération

Trame offset

La publicité est limitée à 50% du volume de la publication. Les demandes seront satisfaites dans l'ordre strict de leur réception.

Pour toute demande de renseignements, s'adresser à :

Micheline FALCIOLA / COURRIER CERN - CERN
1211 GENÈVE 23 SUISSE
Téléphone (022) 41 98 11 Interne 4103 Téléc 2 36 98



**Stesalit résout vos
problèmes individuels
de construction
en fibre de verre
— pour la science
et la technique.**

Cadres pour
chambres proportionnelles
chambres étincelles
chambres à dérive
boîtes pour compteurs Cerenkov
assistance en recherche
spécial et médical.

Stesalit AG
Kunststoffwerk
CH-4249 Zullwil SO
Telefon 061 80 06 01
Telex 63182



camac

JDS 20

DATAWAY DISPLAY

YOUR SPY IN THE CRATE ?

- Dataway pattern display
- « Display » or « on line » operation
- « On line » / « display » switch may be controlled by programm
- LAM : programmed or external signal
- Test points for : B, S1, S2 on front panel
- Unit price : 2 500 FF
- Delivery of-the-shelf

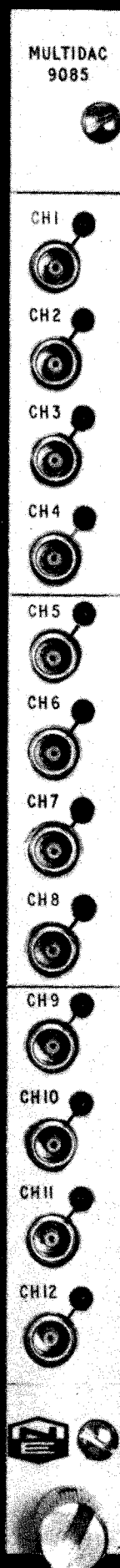


COMPTEURS

Schlumberger

FOR MORE INFORMATION PLEASE CONTACT :

Département Nucléaire - COMPTEURS SCHLUMBERGER
B.P. 54 - 78140 VELIZY (France)
Tél. : (1) 946.96.50 - Télex : SISVIL 690201



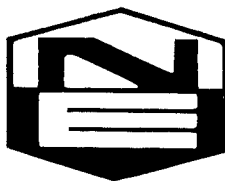
CAMAC

Multidac 9085

- 12 programmed outputs
- Preselectable: 0 to +10V, -5V to +5V, or 0 to -10V.
- 12 bit resolution
- Simple to program—overwrite and read via 12 sub-addresses.
- Each output initialised until data register overwritten.
- Individual output state indication (L.E.D. illuminates for valid data)
- Rapid output update
- 10 milliamps output current capability

The 9085 provides the equivalent of twelve off, twelve bit digital to analogue converters within one single width module. It is so organised as to provide a cost effective multiple D.A.C. facility. Modules can be supplied to different drift specifications according to system requirements.

Full details on request.



**NUCLEAR
ENTERPRISES
S.A.**

25 Chemin François-Lehmann, 1218 Grand
Saconnex, Genève. Tel (022) 98 16 61 62
Telex 289066.

Nuclear Enterprises Limited
Bath Road, Beenham, Reading RG7 5PR, England.
Tel: 07-3521 2121. Cables: Devisotope,
Woolhampton. Telex: 848475.

Nuclear Enterprises GmbH,
Schwanthalerstrasse 74, 8 München 2, Germany.
Tel: 53-62-28 Telex: 529938.

Nuclear Enterprises Inc, 935 Terminal Way,
San Carlos, California 94070. Tel: 415 593 1455
Telex: 348371.

The Multi-Scaler that keeps you in the picture

01	6425653
02	9884364
03	3425732
04	3416748
05	4463785
06	4573289
07	5543878
08	5637682
09	5876483
10	5836547
11	6075989
12	6387560

The remarkably inexpensive Type 341 Multi-scaler offers:

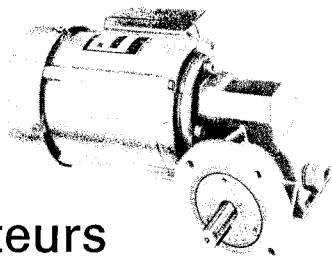
- 12 independent 7-decade Scalers
- 100 MHz input resolution
- One pre-settable counter
- Simultaneous live display on a TV screen
- Parallel printer Output
- System-independent (double NIM-module)

borer

4500 SOLOTHURN 2 SWITZERLAND
tel: 065/31 11 31 telex: 34228



Motoréducteurs



Bien des fois imités, jamais égalés, ni en qualité ni en précision...

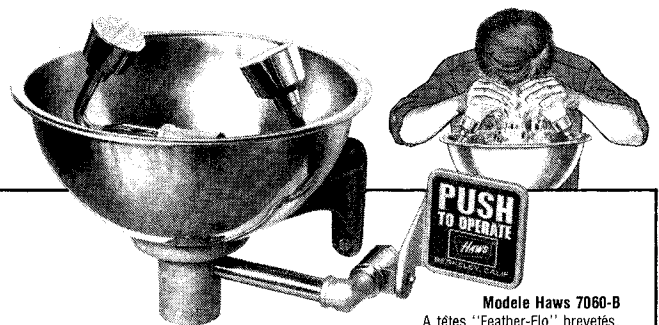
...parce que mis au point dans le cadre de plus de 60 années de spécialisation dans la construction de réducteurs à vis sans fin.

Demandez la documentation ou la consultation d'un de nos techniciens.

Th. Zürcher + Cie.

Birmensdorferstrasse 470, CH-8055 Zürich
Telefon 01 35 25 55, Telex 54506

Conçu pour éliminer par lavage des éclaboussures dangereuses.



Modelo Haws 7060-B
A têtes "Feather-Flo" brevetées.

Installez des fontaines de secours Haws près de chaque poste dangereux pour le lavage des yeux et de la figure. En poussant la manette du robinet on obtient instantanément un jet d'eau doux, à pression réglée pour éliminer toute trace de souillures agressive sans léser les tissus délicats. Un tel appareil peut éviter l'éventualité de lésions permanentes. Ecrivez pour tous renseignements et catalogues HAWS INTERNATIONAL, 1439 Fourth Street, Berkeley, California 94710, U.S.A.

Haws
INTERNATIONAL



L'équipement de secours d'urgence de Haws: Fontaine de lavage pour les yeux et le visage. Douches. Stations de décontamination. Unités de laboratoire. Unités anti-gel.



Un groupe de niveau européen dans la prestation de services

Nettoyage industriel
Nettoyage d'ateliers, bureaux, laboratoires, cliniques
Hygiène, désinfection, désinsectisation, dératisation
Manutentions

Office nouveau du nettoyage ONET

13008 - MARSEILLE	12 bis, boulevard Pèbre	tél. (91) 73 28 50
75 - PARIS	4 et 6, rue du Buisson - Saint-Louis - X ^e	tél. (1) 208 15 57
GENÈVE	55/57, rue Prévost-Martin	tél. (022) 20 68 48
74 - ANNECY	6, avenue de Mandallaz	tél. (50) 51 46 41
01 - SAINT-GENIS	Route de Gex - zi BP 25	tél. (50) 41 12 07

Fournisseur du CERN à Genève, du CEA à Marcoule, Pierrelatte, Cadarache, La Hague, de l'OMS, de l'ONU et de l'UIT à Genève.

Gardien du bien-être et destructeur de fumées

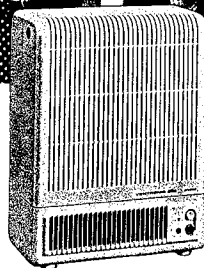
Un produit Ventronic

Le Ventronic-Braun Air-Control lutte contre la pollution

Epaisses fumées de tabac, nicotine, un air à couper au couteau, têtes engourdies, est-ce une atmosphère saine? NON. Ce n'est pas un plaisir pour les non-fumeurs. Maintenant on peut y remédier. Presser sur le bouton pour retrouver le plaisir de respirer de l'air pur.



Ventronic-
Braun
Air-Control
**Respiration
saine**



Spores, pollen et bactéries.

Le Ventronic-Braun Air-Control filtre l'air et le libère de particules flottantes nocives. Lors de prédisposition au rhume des

foins, à l'asthme et la bronchite, il peut protéger des incommodités.

Suisse - Switzerland

Autriche - Austria

Allemagne - Germany

England + Export World wide

VENTRONIC AG

Langstrasse 14
Postfach
CH-8026 Zürich
Telefon 01/39 79 30
Telex 53163 vent ch

VENTRONIC Ges.m.b.H.

Rechte Wienzeile 5
A-1043 Wien IV
Telefon 0222/56 36 81-85
Telex 01/2771 vent a

VENTRONIC

Handelsgesellschaft für Luft-
und Klimatechnik m.b.H.
Westfalendamm 96
D-46 Dortmund
Telefon 0231/57 40 26
Telex 822 825 vent d

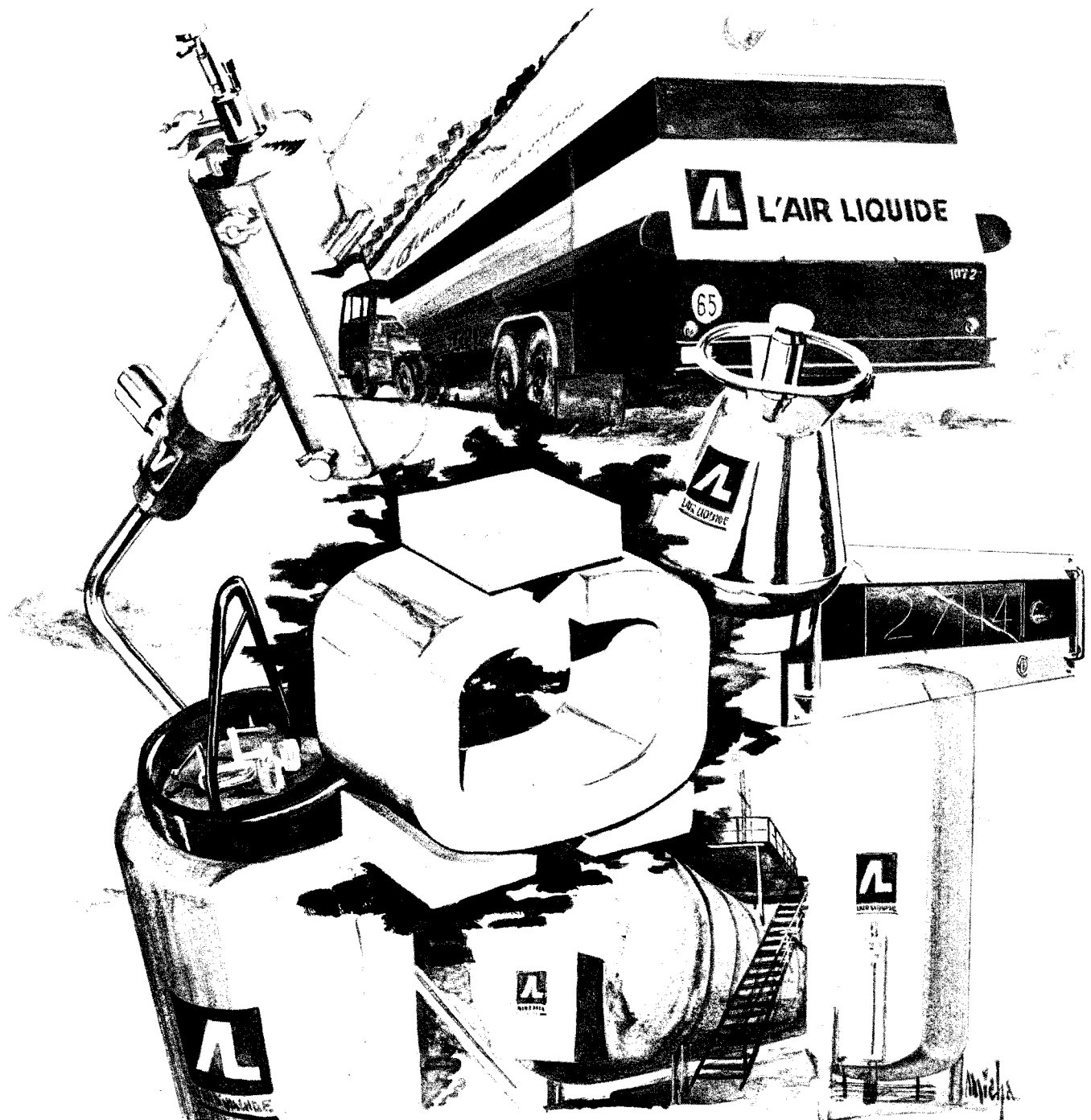
VENTRONIC UK Ltd.

Essex/England
305 Mile End Road
GB-Colchester CO4 5EA
Telephone 0206/63544
Telex 987754 vent gb

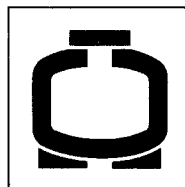
Coupon
pour demander documentation sur
Ventronic-Braun Air-Control.
Nom _____
Adresse _____

CC

L'AIR LIQUIDE



PREMIER CONSTRUCTEUR EUROPEEN
DE MATERIEL CRYOGENIQUE



division matériel cryogénique

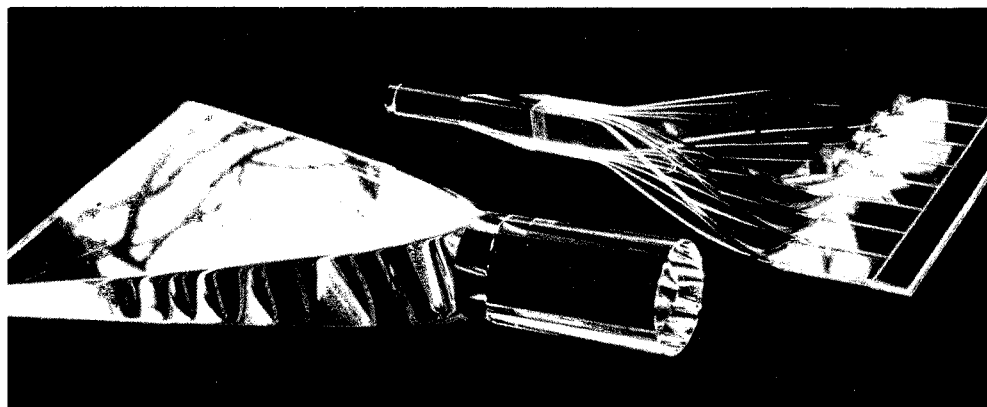
57, av Carnot . 94500 Champigny/M . France
Tél : 880.80.80 - Télex : AL CH A230884 F



SOCIÉTÉ TECHNIQUE DE RÉALISATIONS INDUSTRIELLES

125 bis, rue Gallieni 92500 RUEIL-MALMAISON - FRANCE

Tél. : 977 03-93



CHAMBRE
A
ETINCELLES
—
CERENKOV
—
HODOSCOPE

Etude et réalisation d'appareillages de physique

Usinage, polissage, habillage de conduits de lumière et scintillateurs

E. LOTTI S.A.

PLUS DE 5000 PRODUITS EN STOCK

Réactifs MERCK
Scintillateurs CIBA-GEIGY

Produits

- de recherches VENTRON-ALFA
- pour purification des eaux (NaBH₄) VENTRON
- pour recherche électronique et nucléaire ESPI
- biologiques GIBCO
- chimiques purs

Responsable: M. F. RIONDEL, ingénieur chimiste

8, RUE BAYLON, 1227 CAROUGE
TÉLÉPHONE 42 57 66 / 42 57 65
TÉLEX: 289 382 LOTI. CH.

Débitmètres

GEC-Elliott, Rotameter Works, Croydon

Appareils calibrés et
non calibrés
pour liquides et gaz

livrables ex stock Zurich

Heraeus
WITTMANN

Rubans chauffants

Câbles chauffants

Tuyaux chauffants

Sélecteur de puissance
et de tension

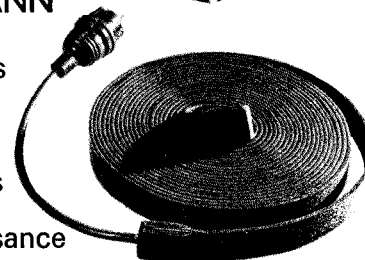
Demandez la documentation auprès de

WISAG
vorm. WISMER AG

Oerlikonerstrasse 88
tél. 01/46 40 40
8057 Zurich



type 1100



THE NEW GENERAL PURPOSE CAMAC REAL TIME CLOCK FROM SEN

Typical Process Control/Physic Applications include :

- * TIMER
- * CLOCK GENERATOR
- * ELAPSED TIME METER
- * COMPLEX TIME MEASUREMENT

The RTC 2078 in brief :

- internal crystal oscillator, 10MHz
- preset time/clock generator range : from 100 nanoseconds to 30 hours
- preset count range : from 1 count to 2^{32} counts
- start/stop commands by dataway or front panel inputs (NIM)
- single width Camac unit conforming to the latest EUR document.

SEN ELECTRONIQUE
ZÜRICH
HAMBURG
MUNICH

Case Postale 39
Im Zentrum 18
Postfach 223
Radspielerstr. 8

CH 1211 Genève 13
CH 8604 Volketswil
D 2000 Wedel
D 8000 München 81

tel (022) 44 29 40 tlx 23359 ch
tel (01) 86 51 03 tlx 58257 ch
tel 04103 6282 tlx 2189 548 d
tel 089 916710 tlx 529167 d



NOUVEAU JOINT TORIQUE SOUPLE ENTIEREMENT METALLIQUE...



METAL-C-RING

Ce nouveau joint d'avant-garde tout métal est un joint flexible conçu pour maintenir l'étanchéité dans les applications les plus extrêmes. Il garde toute son efficacité sous pression interne ou externe, et dans les applications axiales.

Les M-C-R sont disponibles dans un grand choix de taille (diamètre et section), circulaires ou de forme spéciale.

- Efficacité totale de — 185° C à 600° C
- Gamme de pression : de 10^{-10} torr à 3.500 kg/cm²
- Métaux couramment utilisés : Inconel X-750 et 718
- Placage ou revêtement
- Finition usuelle de la surface de contact de 0,8 micron.

BROCHURE TECHNIQUE METAL-C-RING SUR DEMANDE



ADVANCED PRODUCTS N.V.

Pierstraat 5, B 2630 Aartselaar, Belgique
Tél. : 031/88.49.46 - télex 32238

Représentation technique dans tous les pays d'Europe.

World renowned source of special glass:

- blocks for Čerenkov counters
- slabs for anti-radiation

in addition to a full range of materials for optical systems.

The above glasses are researched, developed and manufactured in France for the world's nuclear and applied physics industries.

For information please call:

SOVIREL

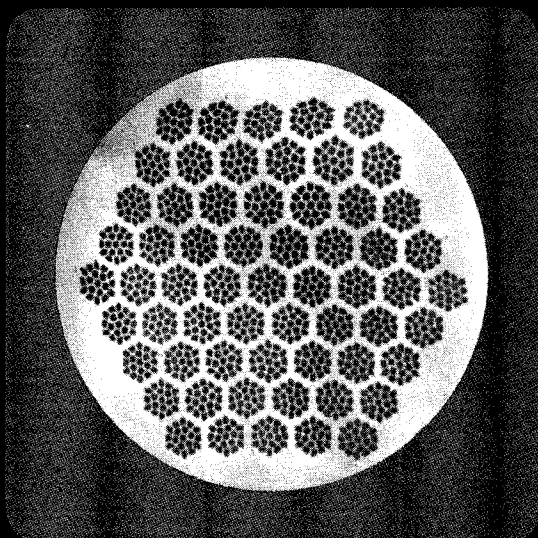
Département Optique

90, rue Baudin - 92390 Levallois-Perret - France
Tél. 739.96.40 - Télex 620014 SOVIVER LVALL

for U.S.A. please contact Corning Glass Works /
Optical Sales - P.O.B. 2000 /
CORNING N.Y. 14830 / Phone (607) 974.90.00

VAC
VACUUMSCHMELZE

***you should
know more
about
VACRYFLUX®***



For your special magnet problem up to 10 T we deliver Nb-Ti based superconductors in single core- and filament form with rectangular and round cross section with optimized current densities.

For special magnet designs we produce conductors with current capacity of more than 10^4 A.

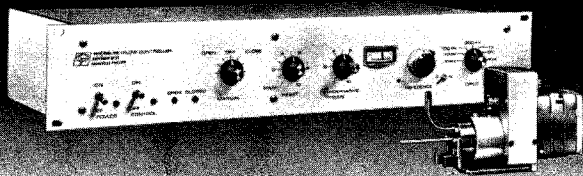
For magnets of more than 10T we supply Nb₃Sn based filament conductors.

For data sheet and further information apply to

VACUUMSCHMELZE GMBH
6450 HANAU
W.-Germany · POB 109

S-5

The hands off pressure/flow controller you can set and forget



If you face the challenge of producing better products at lower cost by a process that requires control of gas pressure or flow, here are ways a GP automatic pressure/flow controller can help you.

- Automated gas admission produces controlled pressure or flow. A GP Controller works faster than any operator and always remembers the pressure or flow you want when you want it on every production run.

- Low overall cost. The Controller operates around the clock on pennies per day including depreciation. If you're controlling pressure or flow manually, you're probably wasting time and money.

- The cleanest valve. The Controller's organic-free, all-metal valve will control the purest gases without contaminating them. Less contamination means better products in critical processes.

- Wide control range. Precision control of pressure all the way from ultra-high vacuum to 115 psia. Precision control of flow up to 2500 Torr liters/sec (400 scfh). When you want gas admission to stop, the valve will seal mass spectrometer leak tight, not just part way.

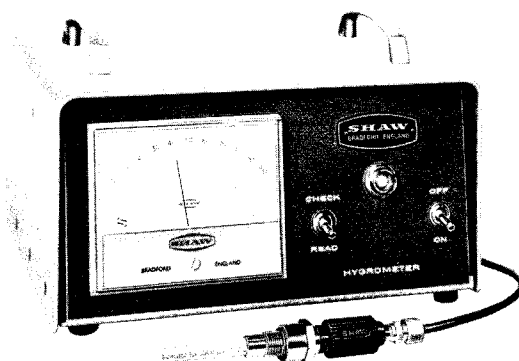
We'd like to show you how a GP automatic pressure/flow controller can increase productivity in your application. Interested? Call or write us today!



GRANVILLE-PHILLIPS COMPANY

5675 EAST ARAPAHOE AVENUE
BOULDER, COLORADO 80303, U.S.A.
TELEPHONE 303/443-7660 • TELEX 45-791

THE SHAW HYGROMETER



Reads moisture from less than one part in a million to 100°C dewpoint.

**WORLD'S LARGEST SALES
25 YEARS EXPERIENCE**

As Electronic Hygrometer Makers!

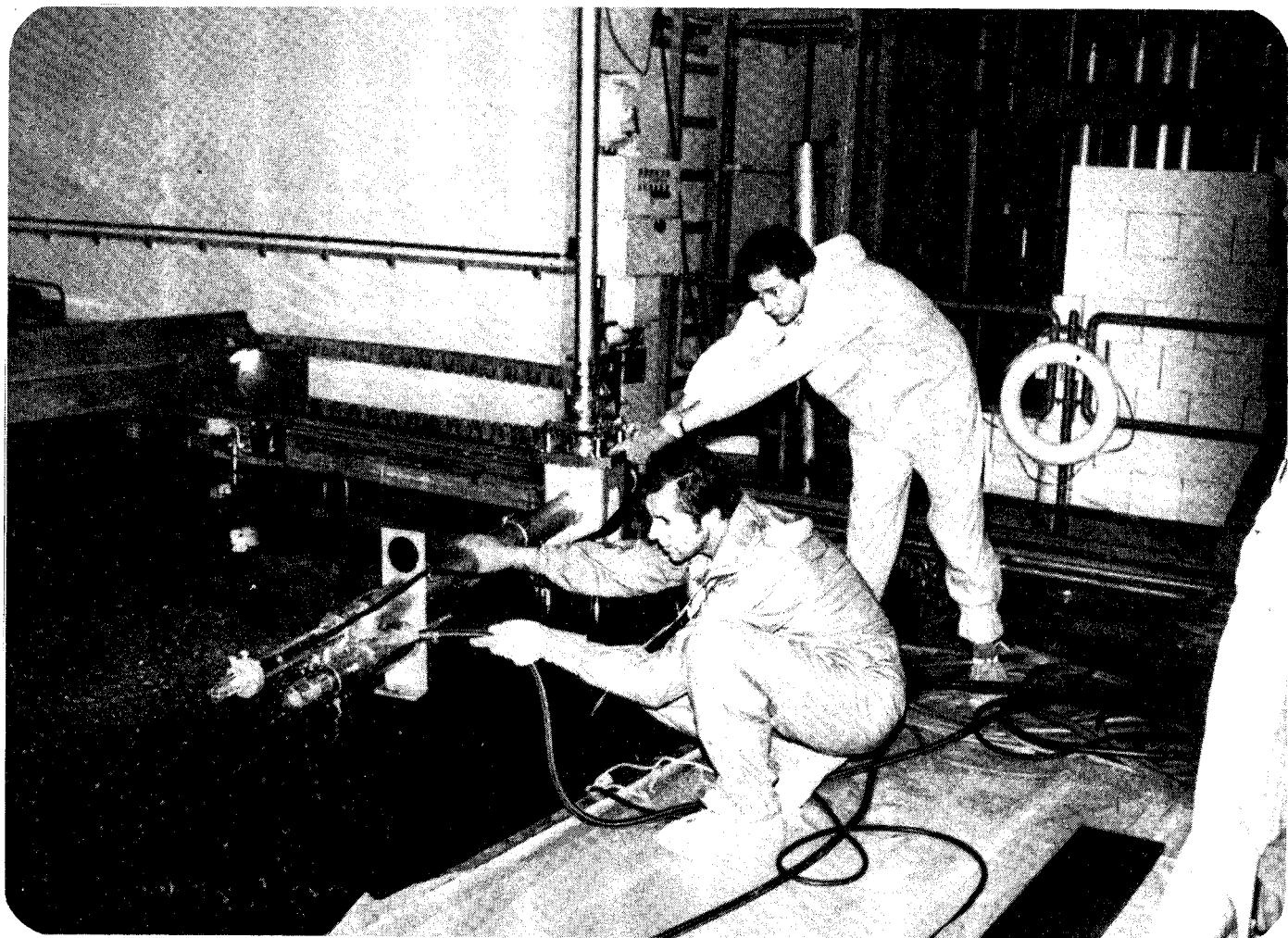
Humidity in dry air or gas causes instrument damage and faulty products. Read about our early warning system.

Phone or write **SHAW** For a new Free

Hygrometry Guide to Moisture and Humidity Problems and Solutions.

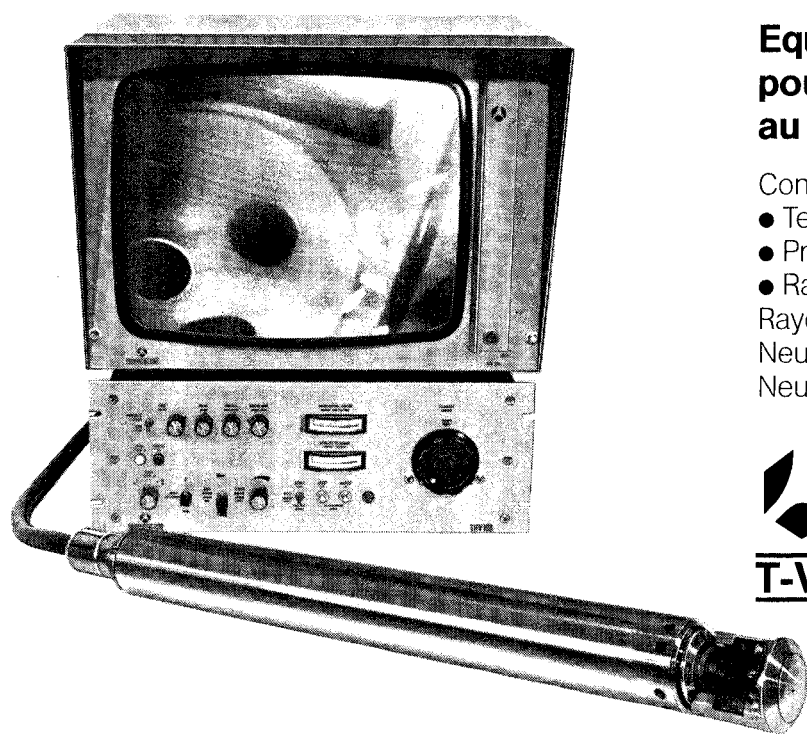
SHAW MOISTURE METERS

Rawson Road, Westgate, Bradford, England.
Telephone: 0274 33582 Telex: 51598



En milieu radioactif une gamme de caméras de télévision spécialement adaptées pour :

Contrôler • Surveiller • Intervenir



Equipement de télévision pour investigation au cœur des réacteurs nucléaires.

Conditions d'utilisation :

- Température : 225 °C (437 °F)
- Pression : 45 bars
- Rayonnement : (Doses intégrées)

Rayons γ : $5,10^8$ R

Neutrons thermiques : $3,10^{14}$

Neutrons rapides : $3,10^{15}$



DÉPARTEMENT THOMSON-CSF AUDIOVISUEL
55, RUE EDGAR QUINET / 92240 MALAKOFF / FRANCE
TÉL. : (1) 65711.10

instrumentation nucléaire complémentaire: pour une connaissance immédiate de la dose absorbée

STYLODOSIMETRES

SEQ 5



Sous 300 mg/cm² dues à l'irradiation par les photons d'énergie égale ou supérieure à 50 keV et pour les électrons quelle que soit leur énergie.

SEQ 6

Sous 300 mg/cm² dues à l'irradiation par les photons d'énergie égale ou supérieure à 10 keV et pour les électrons quelle que soit leur énergie.

SEQ 7

Sous 7 mg/cm² (dose peau).



DASAL

Appareil individuel à seuil réglable. Alarme sonore 3 seuils.

BALISE 224

Présentation murale ou portable. Assure la surveillance du niveau radioactif. Alarme lumineuse ou sonore. Télécommande d'opération extérieure.

Haut isolement intérieur, fuite journalière inférieure à 0,5%. Fabrication standard aux normes françaises – normes DIN ou anglaises sur demande. Système CEA - LCA.

LA PHYSIOTECHNIE

34, AV. ARISTIDE BRIAND - BP 11 - 94110 ARCUEIL - FRANCE TEL: 7351610 +

We've made an important move to help you.

Please note our new address:

James Girdler & Company Limited,
Upper Ordnance Wharf, 458 Rotherhithe Street,
London SE16. Telephone 01-237 0048

As you would expect of one of the world's leading specialist producers of protective leadwork – for hospitals, universities, research laboratories and industry – we go to great lengths to meet our customers' needs.

Our recent move to new premises has given

us more production space and better facilities all round to help us provide an even better service for the supply of leadwork of all kinds.

If you have not yet received our latest literature or details of 'how to reach us' at our new address just drop us a line.

JAMES GIRDLER



Member of the Billiton Group

James Girdler & Co. Ltd., Upper Ordnance Wharf, 458 Rotherhithe Street,
London SE16. Telephone: 01-237 0048

Get high power RF generation, switch and regulator tubes for tomorrow's accelerators and fusion machines from EIMAC today.

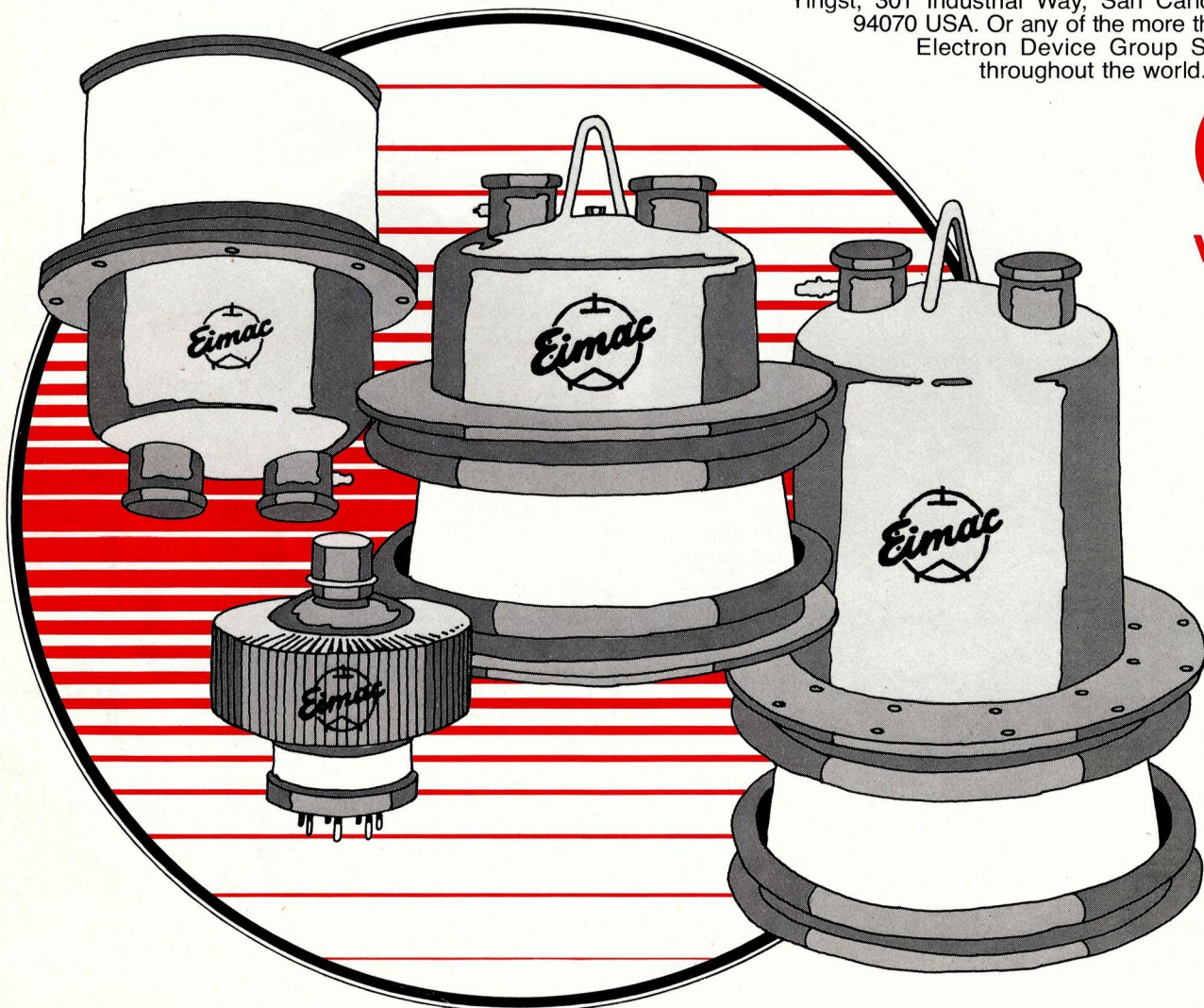
When combined RF power generation and high voltage switching and regulation requirements for accelerators and fusion machines develop, you need off-the-shelf power tubes—not proposals. That's why EIMAC has developed the highest power tetrode product line available for these requirements. And that's why EIMAC is dedicated to a policy of continued development of new tube materials, rf tubes, switch tubes and high power circuitry for tomorrow's requirements.

EIMAC high-current switch tubes with hold-off voltages up to 70 kV are ready right now and development of products up to 200 kV is underway.

RF power tubes with up to 1250 kW anode dissipation and cavities at 50 to 110 MHz are also available at reasonable prices from EIMAC. For example:

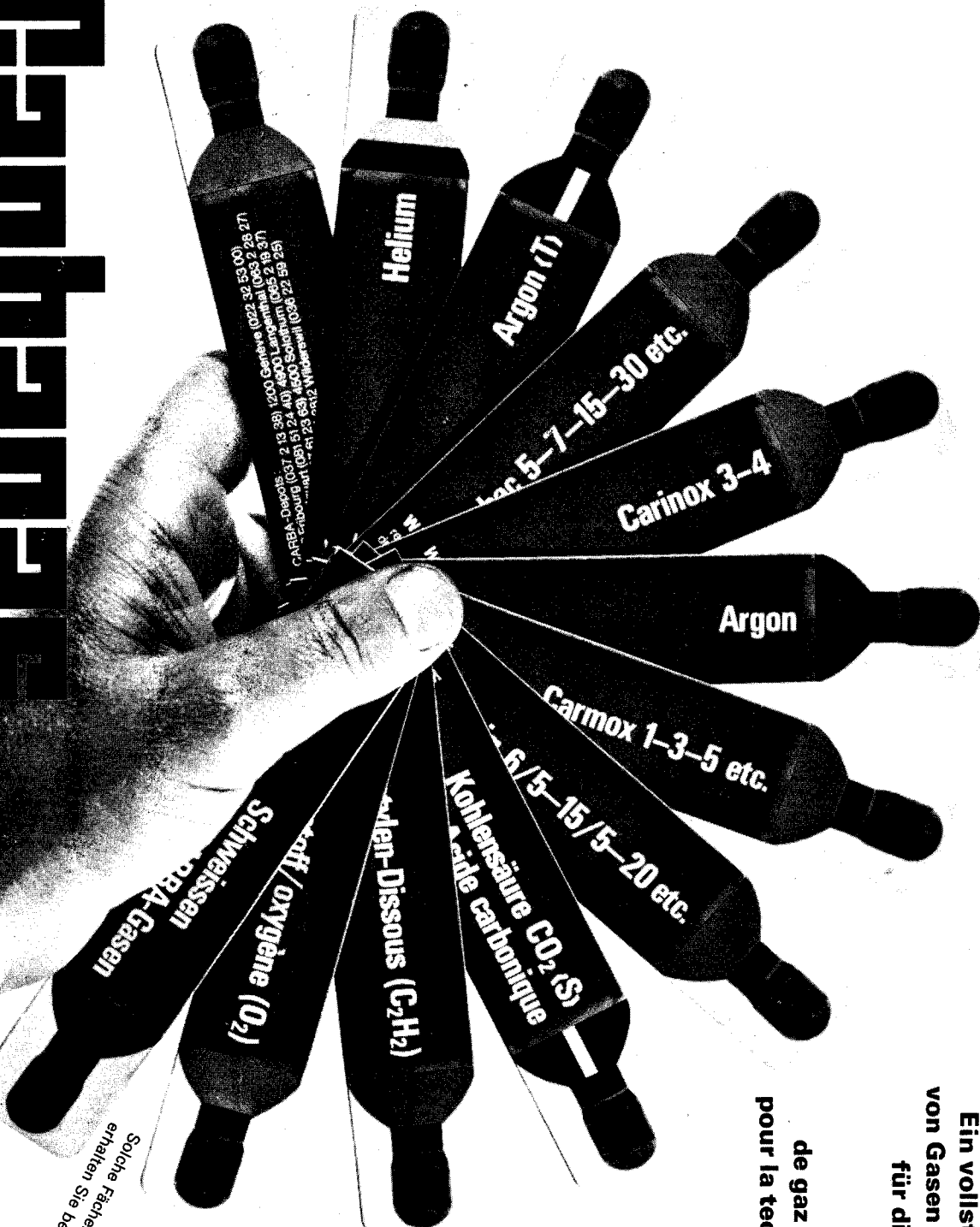


Because EIMAC is a leader in state-of-the-art high power tube development, EIMAC power tubes dominate the field of fusion power generation and related experiments in ERDA and world-wide national laboratories. For your high power needs, contact Varian, EIMAC Division, Attn: Tom Yingst, 301 Industrial Way, San Carlos, California 94070 USA. Or any of the more than 30 Varian Electron Device Group Sales Offices throughout the world.



Herbegas

Herbegas AG, Zürich Rupperswil
 8600 Rupperswil
 031 53 22 22



Ein vollständiges Sortiment
 von Gasen und Gasgemischen
 für die Schweisstechnik

Un choix complet
 de gaz et mélanges de gaz
 pour la technique de soudage

• Sauerstoff Oxygène (O ₂)
• Acetylen-Dissous Acétylène-dissous (C ₂ H ₂)
• Kohlendioxid Acide carbonique (CO ₂ «S»)
• Argon (Ar)
• Argongemische Mélanges d'argon
• Carmig (Ar/CO ₂ - Ar/CO ₂ /O ₂)
• Carmox (Ar/O ₂)
• Carbac (Ar/H ₂ - Ar/He)
• Carinox (Ar/He/CO ₂ /H ₂)
• Helium

Solche Fächer
 erhalten Sie bei:

Demandez cet
 éventail à:
 Carbegas
 Liebefeld/Bern
 Telefon 031 53 22 22