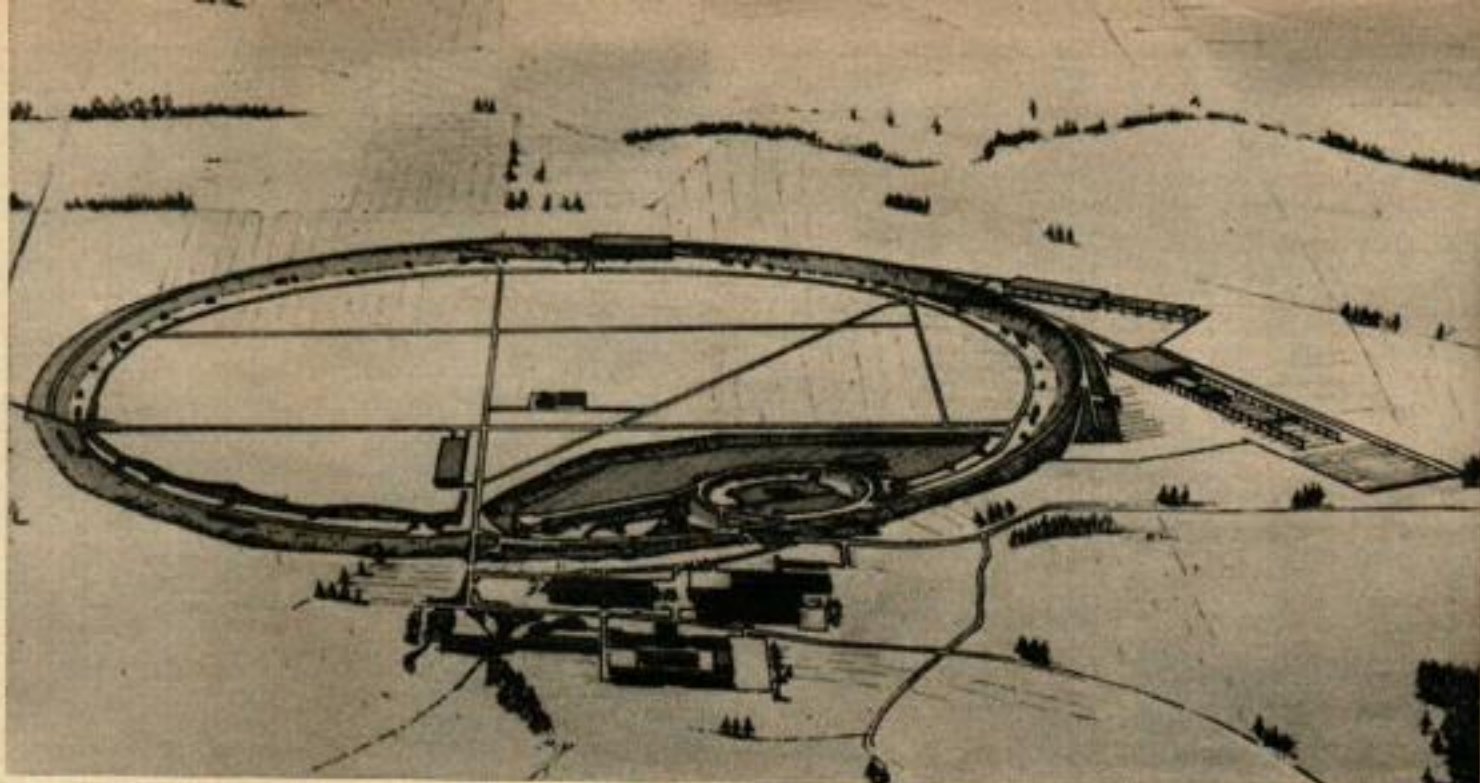




CE DESSIN D'ANTICIPATION montre le grand synchrotron de 200 milliards d'électrons volts pour protons, qui révolutionnera peut-être les théories sur les propriétés fondamentales de la matière et de l'énergie.

Le plus grand synchrotron du monde pourquoi faire ?

LE grand espoir des physiciens américains de construire un énorme et puissant accélérateur de particules pour pouvoir explorer la nature profonde de la matière a été mis en échec pour une question de crédits. Mais maintenant, on s'occupe sérieusement de trouver un endroit pour installer ce monstre de la science moderne et la décision doit intervenir vers la fin de l'année. Il convient sans doute d'exposer les différents aspects de ce projet qui a donné lieu à tant de discussions.

Le grand synchrotron à protons de 200 BEV (200 milliards d'électrons volts) représente pour certains physiciens « une expression de l'esprit humain » à peu près dans le même sens que les pyramides d'Egypte et les cathédrales du moyen âge.

Le côté admirable des recherches pour découvrir la logique de la nature, qui prendront un nouvel essor, disent les physiciens, grâce à cet accélérateur circulaire, a été exposé par le Dr Steven Weinberg de l'U. de Californie à Berkeley :

« En commençant par la fin, le système nerveux est devenu ce qu'il est à cause de certaines lois de la chimie et de physique classique, qui sont elles-mêmes basées sur la mécanique ordinaire des quanta de noyaux, d'électrons, et de protons, qui elle-même est basée sur... quoi ? »

Le « quoi » dans la question du Dr Weinberg peut concerner d'une façon ou d'une autre la relation entre les quatre genres connus de forces nucléaire, électrique, faible et les interactions de la gravitation qui sont encore plus faibles.

La compréhension de ces forces nous aidera à faire une reconstitution plus fidèle de la nature et de ses éléments.

Mais ce sont les hommes, et non les machines, qui nous donnent une bonne compréhension de la nature. On voit rarement en physique des innovations magnifiques : les lois de Newton, la relativité d'Einstein, et la mécanique des quanta dont Bohr est le père. Toutes sont venues à la suite de nombreuses années d'efforts expérimentaux par d'autres savants. La mécanique des quanta en particulier est basée sur les progrès expérimentaux réalisés auparavant dans la physique atomique, surtout des études du simple atome d'hydrogène. Ainsi, si on ne peut compter sur l'accélérateur de 200 BEV pour nous révéler par lui-même les lois de la nature, il peut établir des faits scientifiques qui aideront les géants futurs à élaborer des théories révolutionnaires.

La parité n'est pas conservée

En établissant ces faits, l'accélérateur pourrait bien, comme ceux qui l'ont précédé,

donner un nouvel essor à la physique. Deux découvertes surprenantes faites récemment grâce aux accélérateurs, ont eu un retentissement profond sur les doctrines de la physique. La première est la découverte en 1956 que la parité (ou symétrie) n'est pas conservée, que l'univers a une préférence pour la gauche. Cette découverte a fait un effet d'autant plus grand que jusque-là, les physiciens ont eu une foi profonde et intuitive dans la symétrie de la nature.

Ce qui est également stupéfiant, c'est qu'on se rend compte depuis quelques années qu'il existe quelque chose comme deux cents particules dites élémentaires. Cette découverte a été facilitée par l'achèvement du synchrotron de 13 BEV du Brookhaven National Laboratory, qui est le prototype du monstre de 200 BEV. L'univers reposant où la matière est formée d'électrons qui tournent autour d'un noyau constitué de protons et de neutrons disparaît à jamais. Il est maintenant évident que les particules que tous les physiciens ont baptisés triomphalement « élémentaires » ne le sont pas.

On ne peut pas le prévoir

Personne ne peut prévoir quelles seront à long terme les conséquences théoriques et pratiques du synchrotron de 200 BEV. Mais il existe des exemples historiques où des théories de physique qui semblaient sans utilité sont devenues de première importance. On peut citer les équations d'électro-magnétisme que Maxwell a formulées avant 1870. Quarante ans plus tard, on a utilisé ces équations pour la radio, et vingt ans après pour la TV.

En dehors du domaine de la physique, les accélérateurs d'hier et d'aujourd'hui nous ont procuré d'appréciables progrès technologiques.

Le cyclotron d'avant 1940 a donné les tubes de grande puissance pour les émetteurs. Le générateur électrostatique Van de Graaff, réalisé comme accélérateur, est maintenant un instrument de base de la radiographie et de la radiologie. Le principe de concentration de faisceau sur lequel est basé le synchrotron de 33 BEV de Brookhaven, qui fut réalisé après 1950, a été appliqué dans les tubes électroniques. Il semble que la construction de telles machines entraîne aussi des conséquences technologiques.

Les frais énormes entraînés par leur construction — l'accélérateur coûtera 375 millions de dollars — trouvent une autre compensation dans le prestige national. Ils n'en ont pas moins donné lieu à de violentes controverses.

En cours d'étude

En ce moment, la commission de l'énergie atomique étudie six emplacements possibles pour le synchrotron : Ann Arbor dans le Michigan, le Brookhaven National Laboratory à Upton, N.Y. Denver dans le Colorado, Madison dans le Wisconsin, Sierra Foothills près de Chicago, dans l'Illinois. (South

Barrington dans l'Illinois a refusé une place sur la liste des finalistes en arguant qu'une arrivée massive de savants « altérerait la fibre morale de la population ». Une fois que l'A.E.C. aurait choisi l'emplacement et obtenu les crédits pour les travaux, il faudra environ deux ans pour achever la conception et cinq ans encore pour la construction même de l'accélérateur.

Etant donné les dépenses pour la mise en œuvre de l'accélérateur s'élèveront à 60 millions de dollars par an, la population locale tirera le plus grand avantage des dépenses du personnel. Environ deux mille personnes seront employées quand le synchrotron sera achevé peu après 1970. (Il y aura également un « équilibre cinétique » de trois cents savants de passage.) Sur les deux mille, un tiers sera constitué de physiciens. Les deux tiers qui restent de techniciens, de secrétaires et de gardiens. En calculant sur dix ans, les salaires et les augmentations s'élèveront à 230 millions de dollars. Une grande partie de cet argent sera dépensée sur place et de plus, il entraînera des dépenses en chaîne suivant l'effet dit en cascade.

Les conséquences économiques à long terme pour une société sans accélérateurs ont été également envisagées. Le prix Nobel Julian Schroeinger (de l'Université de Harvard) imagine une Amérique où la construction des accélérateurs est arrêtée et la compare à la Chine du XV^e siècle. Au début du XV^e siècle, les Chinois étaient les maîtres de l'Océan. Puis, on changea d'objectifs : les grands vaisseaux furent brûlés, les équipages renvoyés chez eux.

« C'était l'époque où de petits navires portugais ont doublé le Cap de Bonne Espérance ».

Le seul moyen

D'autres physiciens, tout en reconnaissant que ces machines énormes et coûteuses sont les seuls moyens que nous possédons de pénétrer les secrets de l'atome, expriment le regret qu'il en soit ainsi. L'un d'eux, Kenneth Watson, de l'Université de Californie, à Berkeley, a comparé l'étude des lois fondamentales avec ces machines encombrantes à « la construction d'autoroutes pour étudier les propriétés chimiques du béton ».

On peut même comprendre facilement pourquoi il faut une grande machine. On a comparé la physique des grandes énergies à l'étude du David de Michel Ange — dans une salle complètement obscure, en lançant de grands ballons en caoutchouc sur la statue pour voir de quelle manière ils rebondissaient. Comme on en apprendrait bien davantage si on pouvait remplacer les ballons par de petites balles de ping-pong !

Les expériences dispersées

Cette analogie pourrait sembler à première vue exagérée, mais cela le semble moins si l'on considère que les expériences dispersées sont les seuls moyens dont disposent les physiciens des grandes énergies pour étudier la

nature, et que ces expériences doivent être basées sur la mécanique des quanta. On peut donc dire que plus les particules projetées ont d'énergie, plus les ballons peuvent être petits dans notre analogie. De là, la recherche des énergies plus élevées. (On envisage en ce moment même un accélérateur encore plus grand.)

Dans la plupart des cas, les protons font très bien l'affaire comme projectiles parce qu'ils sont lourds et stables, mais pas trop lourds. L'accélérateur donnera de l'énergie aux protons en les déplaçant de plus en plus vite jusqu'au moment où ils atteignent presque la vitesse de la lumière et ont bien une énergie de 200 BEV.

Le synchrotron projeté, avec son diamètre de 1 370 m est imposant à plus d'un point de vue. Non seulement, il produira une énergie aussi élevée, mais il sera sensationnel en débit. Il aura à peu près un facteur de débit dix fois plus élevé que les machines actuelles. Le débit est presque aussi important que l'énergie, car plus le débit est élevé, plus grand est le nombre d'expériences qui peuvent être réalisées simultanément et moins elles prennent de temps.

Chacun des protons à 200 BEV n'a qu'une petite énergie à l'échelle de notre monde — à peine un tiers d'erg. Un erg, c'est à peu près l'énergie qu'il faut à un moustique pour remuer une patte.

Pour un être humain, ce n'est pas grand-chose, mais pour un proton, c'est beaucoup. De plus, les protons se déplaceront en groupes, et chaque groupe ou nœud de faisceau, aura une quantité appréciable d'énergie, même à notre échelle. Avec l'énergie d'un nœud de faisceau par exemple, 10 000 milliards de moustiques pourraient remuer la patte. Si le débit ne jouait son rôle, les moustiques ne pourraient remuer ensemble.

Le rôle essentiel

Le rôle essentiel des protons à grande énergie, c'est d'être des créateurs, et occasionnellement seulement, de briser les noyaux.

Pour comprendre comment procède la création-annihilation, citons la découverte de l'antiproton. Les théoriciens étaient convaincus dès 1933 de l'existence de l'antiproton, mais ce n'est que vingt et un ans plus tard, lorsque l'A.E.C. a construit le Bevatron de Berkeley, qu'on a disposé de l'énergie nécessaire pour en faire la recherche. Le bévatron accélère les protons jusqu'à leur communiquer une énergie de 6,2 BEV et on s'en servait ensuite pour bombarder d'autres protons. Dans la collision de deux protons, l'énergie cinétique de 6,2 BEV est convertie en un autre proton et un antiproton. On peut faire à peu près la même chose, mais avec des produits divers et différents, avec le nouvel accélérateur.

Ce qui est intéressant, c'est que le synchrotron de 200 BEV est conçu pour pouvoir accélérer simultanément des protons et des antiprotons. Ce sera la première fois que

des particules et des antiparticules voyageront ensemble dans un accélérateur (en sens inverse, naturellement).

La conception du nouveau synchrotron indique également où il sera placé. Il y a une convention tacite selon laquelle, les accélérateurs installés dans les Etats de l'Ouest font tourner les particules dans le sens des aiguilles d'une montre tandis que les accélérateurs installés dans l'Est les font tourner en sens contraire. La conception de l'accélérateur de 200 BEV, confiée à des Californiens, est du type « littoral occidental ». On verra si la convention sera respectée.

La conception incorpore également de nombreux traits historiques de l'évolution des accélérateurs. Les protons seront donnés par l'hydrogène gazeux débarrassé des électrons. Ils prendront le départ dans un pré-injecteur Cockcroft Walton similaire à celui qui fut inventé en 1932 par deux Anglais pour le premier accélérateur de l'époque moderne. Ensuite, ils seront lancés par un accélérateur linéaire dans un synchrotron de 8 BEV avant de pénétrer dans l'anneau central. Toutes ces étapes s'imposent parce qu'on obtient les meilleurs résultats avec un accélérateur conçu pour chaque ordre de vitesse.

Deux champs

Le synchrotron de 200 BEV sera constitué essentiellement de deux parties — un champ magnétique et un champ électrique. C'est ici qu'interviennent les équations de Maxwell. Le champ magnétique concentre le faisceau sur sa trajectoire. Le champ électrique sert simplement à accélérer les protons. Aux premiers temps, l'orbite circulaire était entièrement occupée par le champ magnétique d'un seul aimant. Ce fut une découverte de grande importance économique quand on s'aperçut que le faisceau de protons peut être concentré dans une tore magnétique. Dans l'accélérateur de 200 BEV, ce tore sera formé de 528 éléments magnétiques enterrés à 8 m sous terre.

La grosse machine ressemblera au synchrotron de 33 BEV de Brookhaven en ce sens qu'elle utilisera aussi le principe du gradient alternatif. C'est la manière la plus économique de concentrer le faisceau de protons. Le faisceau doit former un nœud très allongé, comme un crayon, pour que les physiciens sachent où il se trouve et puissent l'utiliser.

La concentration se fait à peu près de la manière suivante. Imaginez si vous voulez un joueur de bowling qui envoie des boules sur la rampe. La rampe canalise les mouvements de la boule de sorte que même si le joueur vise mal, la boule roulera jusqu'au bout de la rampe.

Supposons maintenant la boule lancée sur une rampe dont les bords sont tournés vers le bas, autrement dit, sur un dos d'âne. Ici, même si la boule est seulement légèrement déviée de sa trajectoire, elle quittera la rampe, elle n'est plus alignée. Mais comme on voit,

(Suite page 124)

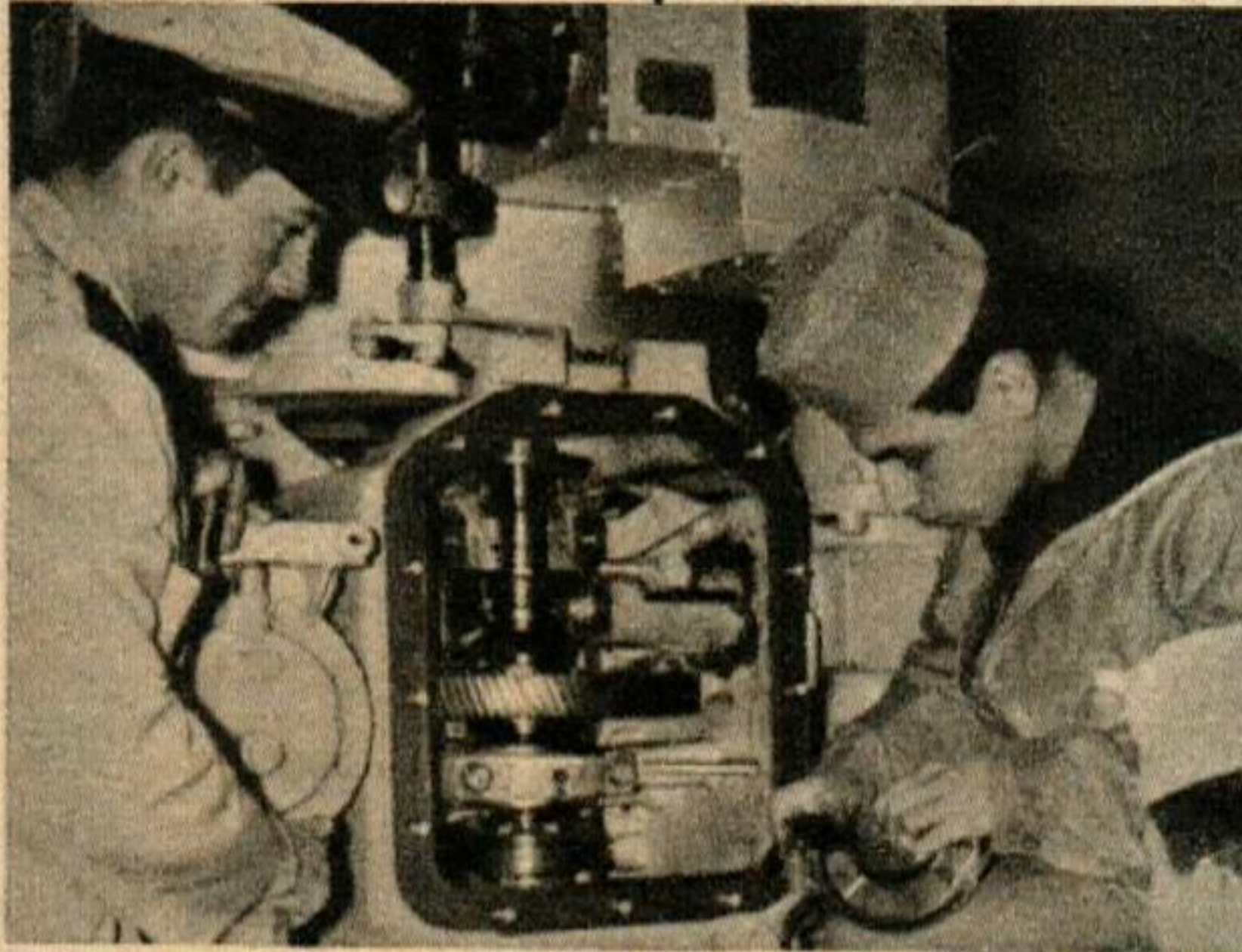
LA MARINE NATIONALE

FORME

progressivement son personnel dans ses

ECOLES DE SPECIALITES

- Brevets Elémentaires
- Cours de Quartiers-Maîtres
- Brevets Supérieurs



TOULON

Mécaniciens
Missiliers
Electriciens d'armes
DéTECTEURS
DéTECTEURS A.S.M.
Radios
Transfilistes
Timoniers
Infirmiers
Maîtres d'hôtel

CHERBOURG

Electriciens
Charpentiers

BREST

Manœuvriers

LORIENT

Fusiliers

ROCHEFORT

Mécaniciens aéro
Electromécaniciens
et électronique aéro
Fourriers
Cuisiniers
Commis aux vivres
Secrétaires

ST-RAPHAEL

puis bases d'Aéro-
nautique navale

Pilotes
Navigateurs
Contrôleurs aéro

UN ENGAGEMENT DE 3, 4 OU 5 ANS

permet, aux jeunes Français, de bénéficier de cette **FORMATION**.

Pour tous renseignements, remplissez le bon ci-dessous et envoyez-le à l'adresse indiquée.

M.

Date naiss. Niv. Etudes

Adresse

S.E.M. 15, rue de Laborde - Paris 8^e

Le plus grand synchrotron du monde, pour quoi faire ?

(Suite de la page 76)

le dispositif alternatif qui met la rampe tantôt dans un sens tantôt dans l'autre permet un alignement alterné.

Dans le synchrotron il faut concentrer le faisceau de protons à la fois sur un plan horizontal et sur un plan vertical. Mais d'après Maxwell, un champ magnétique ne peut concentrer que dans une seule direction à la fois. Nous pouvons tourner cette difficulté en croisant deux champs alternatifs pour obtenir la concentration sur deux plans.

C'est l'électricité que nous connaissons bien mais portée à une grande puissance, qui accélère les protons. Des champs électriques variables seront créés dans l'intervalle entre les éléments magnétiques. Quand le faisceau traverse ces « no man's land » les protons seront accélérés. Une fois que les protons auront atteint la plus grande énergie possible, ils seront détachés par un champ magnétique du faisceau principal suivant les besoins et envoyés aux chambres à étincelles et à bulles. C'est ici que commence la physique expérimentale.