

Après le LEP?

Les travaux pour le collisionneur électron-positon LEP du CERN continuent à aller de l'avant avec comme objectif d'obtenir vers la fin de 1988 les premières collisions de faisceaux dans le tunnel de 27 kilomètres de cette machine.

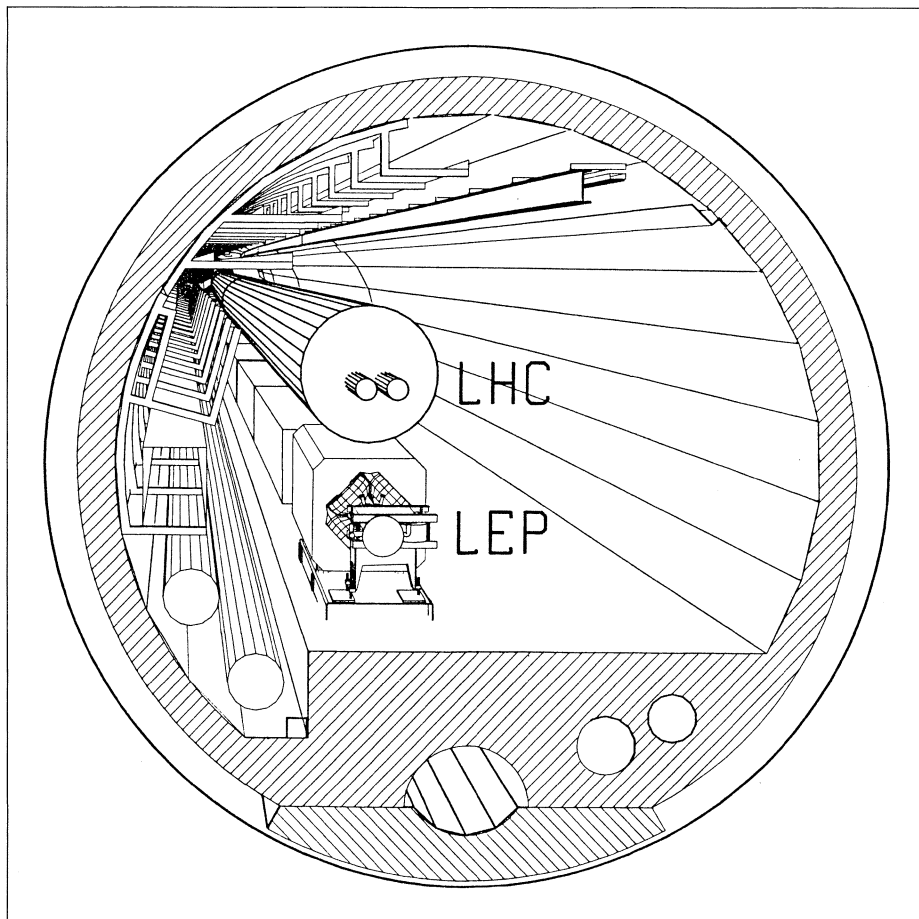
Le LEP est cependant loin d'être le dernier élément des projets à long terme du CERN. Une allusion avait déjà été faite dans l'étude technique concernant le LEP: «L'adoption d'une hauteur de faisceau de 80 cm environ laisse subsister (dans le tunnel) un espace suffisant pour l'installation d'une seconde machine à un stade ultérieur...»

A l'occasion de journées d'étude organisées par le Comité européen sur les futurs accélérateurs (ECFA) et le CERN en mars 1984, les possibilités de réaliser un collisionneur de hadrons dans le tunnel du LEP avaient été examinées (voir numéro de juin 1984, page 185).

On avait alors lancé l'idée d'un anneau d'aimants supraconducteurs installé au-dessus de l'anneau du LEP pour permettre des collisions entre des protons (ou entre des protons et des antiprotons) à l'énergie maximum possible.

Depuis cette réunion, on a considérablement progressé dans la voie d'une définition plus poussée des conceptions relatives au futur collisionneur:

- détermination de la meilleure configuration pour l'option proton-proton et de ses avantages par rapport à une option réaliste proton-antiproton;
- évaluation des possibilités de réaliser des collisions entre le faisceau d'électrons du LEP et un faisceau de protons;
- étude d'une section complète de la machine;
- premières études d'aimants supraconducteurs fournissant entre 8 et 10 teslas et élaboration d'un programme européen de développement d'aimants à cet effet;
- définition de l'emplacement et



Ceux qui avaient conçu le collisionneur électron-positon LEP actuellement en construction au CERN avaient su voir loin, puisqu'ils avaient laissé suffisamment de place pour l'installation d'une éventuelle seconde machine.

des modalités de l'utilisation des différents types de collisions dans le tunnel du LEP.

Collisions proton-proton

Le recours à des aimants de courbure dipolaires de 10 teslas pourrait permettre des énergies de collision de 17 TeV (17 000 GeV ou 8500 GeV par faisceau) avec un taux de collisions respectable (luminosité de $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$). La solution d'une double ouverture pour les aimants supraconducteurs est recommandée pour des raisons d'économie et de compacité.

C'est la relative facilité des collisions de faisceaux de protons (par rapport aux difficultés qu'il y a tout d'abord à obtenir, puis à manipuler des antiprotons) qui laisse escompter des taux de collision élevés et conduit à préférer l'option proton-proton. Malgré la nécessité de fournir un grand nombre de paquets (on a cité le chiffre de 3564), les deux anneaux à protons dans le tunnel du LEP pourraient

être remplis en quelques minutes seulement au moyen de l'actuelle machine SPS de 450 GeV du CERN et de son propre système d'alimentation en protons, et le processus d'injection pourrait être déclenché à bref délai. Il faudra naturellement construire de nouvelles lignes d'injection.

Collisions proton-antiproton

Il est possible de prendre en charge dans la même ouverture magnétique des faisceaux de protons et d'antiprotons circulant en sens opposé, comme on le fait dans le collisionneur SPS. La construction des aimants en est facilitée, mais les taux de collisions sont moins élevés que dans l'option proton-proton.

Avec des dipôles de 10 T donnant une énergie de collision totale de 16,6 TeV, la luminosité est estimée, sur la base de la source d'antiproton améliorée du CERN, à $2,7 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. L'introduction de séparateurs de faisceau électrostatiques pour supprimer les collisions proton-antiproton non voulues (comme on le fait actuellement au SPS) ferait grimper la luminosité jusqu'à $13,5 \times 10^{30}$, mais mordrait sur les économies que permettrait la solution d'une

ouverture magnétique unique.

En attendant d'autres études, l'option proton-antiproton est tombée en défaveur. Des collisions proton-antiproton (utiles pour permettre des comparaisons avec les collisions proton-proton) pourraient être réalisées dans l'une des ouvertures magnétiques de la configuration proton-proton.

Collisions électron-proton

Avec des protons dans l'anneau du haut et des électrons dans celui du bas, les collisions électron-proton s'imposent d'elles-mêmes. La

puissance radiofréquence qui sera installée pour accroître l'énergie des faisceaux du LEP pourrait être employée, soit pour maintenir le faisceau d'électrons à son énergie maximum, soit pour augmenter la valeur de courant du faisceau d'électrons à plus basse énergie de manière à améliorer la luminosité.

L'énergie de collision totale se situerait donc entre 1,4 et 1,8 TeV (comparé à 314 GeV dans le collisionneur HERA en construction au Laboratoire DESY, à Hambourg) et la luminosité entre 10^{31} et 10^{32} .

Initialement, les quatre expériences LEP continueraient à étudier

les collisions électron-positon, mais il leur faudrait s'écarter du chemin du faisceau de proton lorsqu'il serait en service. Pour les protons, de nouvelles expériences pourraient être montées dans d'autres zones du tunnel (le tunnel du LEP comporte huit grands puits verticaux). A terme, une partie ou l'ensemble des expériences LEP pourrait être transformée.

La réalisation d'aimants supraconducteurs appropriés au collisionneur exigera cependant un vigoureux programme de développement.

L'avenir vu depuis Erice

Un certain nombre de spécialistes ont trouvé le temps de porter leurs réflexions au-delà du collisionneur à électrons-positons LEP qui se construit actuellement au CERN et du supercollisionneur supraconducteur (SSC) proposé aux Etats-Unis pour répondre aux besoins de la physique et aux types d'accélérateurs envisageables dans l'avenir. Ces efforts sont restés modestes, mais on a déjà beaucoup fait pour séparer le bon grain de l'ivraie dans les projets de systèmes accélérateurs et définir les caractéristiques des futures machines.

Une partie de ces réflexions ont été exposées lors d'un séminaire sur les techniques nouvelles pour les futurs accélérateurs qui s'est tenu à Erice (Sicile) du 12 au 17 mai. Ce séminaire portait essentiellement sur les collisionneurs linéaires à électrons-positons avec des faisceaux d'une énergie minimum de 1 TeV et des luminosités d'au moins 10^{33} par centimètre carré

et par seconde. Précédemment, les travaux s'étaient orientés sur les moyens d'atteindre des gradients d'accélération aussi élevés que possible (de manière à réduire les dimensions et le coût des machines). Or cet objectif, qui reste souhaitable, est moins en évidence et d'autres caractéristiques prennent une importance accrue.

Deux d'entre elles ont été considérées par R. Palmer dans un de ces exposés stimulants dont il est coutumier. Il s'agissait de l'injection dans les linacs, où il faudra des faisceaux de très faible émittance pour atteindre les luminosités souhaitées, et des faisceaux extraits des linacs, où la luminosité déterminera également la concentration des paquets de particules dans des sections de dimensions minuscules lors des collisions.

Dans des conditions idéales, l'émittance ne devrait pas dépasser 10^{-8} mais, si l'on pouvait ramener cette prétention à 10^{-7} , on ne se-

rait pas terriblement loin de ce qu'on pense obtenir prochainement dans les anneaux d'amortissement du grand collisionneur linéaire en cours d'achèvement à Stanford. Toutefois, il faudrait peut-être que les paquets circulent pendant de longues périodes dans les anneaux d'amortissement pour qu'on obtienne un taux de répétition raisonnable, et cela pourrait nécessiter plusieurs dizaines ou plusieurs centaines d'anneaux. Ugo Amaldi a attiré l'attention sur ce problème: en effet, ces anneaux pourraient se révéler aussi complexes et onéreux que les linacs eux-mêmes.

R. Palmer a proposé, à la place de l'amortissement relativement lent des anneaux classiques, de reprendre l'idée de Klaus Stefan et d'employer des aimants wigglers à champ élevé comme structure magnétique de courbure pour accélérer l'amortissement. Une maille de ce type risquerait de détériorer à l'excès d'autres proprié-