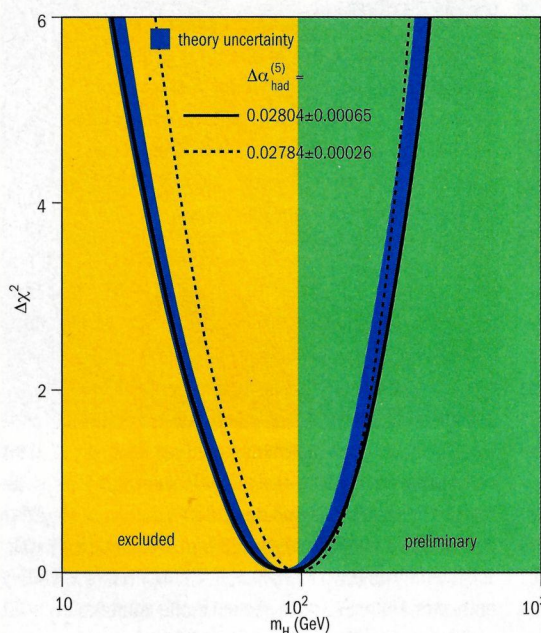


Le LEP atteint des records d'énergie

Le fleuron des accélérateurs du CERN, le grand collisionneur électron-positon (LEP) de 27 km, a entamé sa dernière année d'existence en beauté au mois d'avril en faisant entrer des faisceaux en collision à une énergie record de 104 GeV par faisceau, seulement trois semaines après son redémarrage. La recherche de la mystérieuse particule de Higgs étant prioritaire sur l'agenda 2000 des expériences au LEP, la plus grande attention est accordée à l'exploitation à haute énergie.

Toutes ensemble, les cavités accélératrices supraconductrices du LEP fonctionnant à leur gradient nominal, permettent à la machine d'atteindre une énergie de 96 GeV par faisceau. Pour atteindre le nombre magique de 100 GeV en 1999, les ingénieurs du LEP ont dû pousser la plupart des cavités à 7 MV/m, soit plus de 16% au-delà du gradient nominal.

Cependant, pour monter encore plus haut cette année, l'équipe du LEP a dû faire preuve d'ingéniosité. Huit des vieilles cavités en cuivre (résistives), qui ont fourni de l'énergie au LEP pendant ses années d'exploitation à près de 50 GeV par faisceau, ont été réinstallées. Les cavités supraconductrices sont poussées toujours plus haut. Les aimants conçus pour appor-



Sur le seuil du Higgs: de nombreuses années d'expériences minutieuses ont montré que le boson de Higgs, cette mystérieuse particule qui brise la symétrie électrofaible, se trouve forcément dans les courbes présentées. Des recherches directes ont également exclu la zone jaune, réduisant davantage le territoire du Higgs. Le collisionneur LEP du CERN, qui fonctionne à des énergies des faisceaux plus élevées que précédemment, explore un terrain potentiellement prometteur, jusqu'à une masse du Higgs d'environ 115 GeV.

ter de petites corrections aux orbites des faisceaux seront également utilisés pour réduire la quantité d'énergie perdue par les faisceaux pendant leur révolution dans l'anneau.

Tout ceci fait partie d'une stratégie à hauts risques – il n'y a littéralement pas de capacité de réserve dans la machine – mais la récompense pourrait être de taille. Les résultats du LEP ont déjà permis de fixer la masse de la particule de Higgs dans la plage de 108-190 GeV. Avec des collisions à 104 GeV par faisceau, les expériences sont sensibles à une masse du Higgs allant jusqu'à 115 GeV. Avant l'arrêt de la machine, qui cédera sa place au collisionneur de protons LHC, le minimum à attendre du LEP est qu'il rétrécisse le créneau de masse où les futurs physiciens devront chercher. L'idéal serait une découverte majeure pour couronner la carrière déjà illustre du LEP.

Le LEP foule un terrain d'expériences fertile. D'après la physique orthodoxe, la particule de Higgs "pèserait" moins d'une centaine de giga-électronvolts (voir illustration). Le modèle supersymétrique minimum demande au moins une particule de Higgs plus légère que 1,5 fois la masse du Z – soit moins qu'environ 135 GeV.

Amélioration prévue à la source canadienne d'isotopes

La nouvelle installation de séparation et d'accélération d'isotopes ISAC du laboratoire canadien TRIUMF est désormais opérationnelle et produit des faisceaux intenses de noyaux exotiques à courte durée de vie (*Courrier CERN* octobre 1999 p8). L'un des projets majeurs du programme du laboratoire pour les cinq prochaines années est l'amélioration d'ISAC, qui deviendra ISAC-II: l'énergie sera portée de 1,5 à 6,5 MeV/nucléon et la gamme des masses sera étendue, permettant l'étude de nombreux autres radionucléides exotiques et réactions nucléaires.

Le 18 avril, à l'ouverture officielle d'ISAC au laboratoire, le ministre canadien de l'industrie John Manley a annoncé que le gouvernement fédéral verserait 200 millions de dollars à TRIUMF pendant les cinq années à venir. Cette somme – 40 millions de dollars par an pendant cinq années – repré-



Le ministre canadien de l'industrie John Manley inaugure la nouvelle installation de séparation et d'accélération d'isotopes ISAC du Laboratoire canadien TRIUMF. Derrière la tribune, on aperçoit le quadripôle radiofréquence de 35 MHz de 8 m, qui constitue le premier étage d'accélération d'ISAC. (Hapke/TRIUMF.)

sente une augmentation de 20% de la part du gouvernement fédéral. Ces fonds permettront à TRIUMF de construire ISAC-II, mais aussi de financer la deuxième phase de la contribution canadienne au projet LHC du CERN, et notamment la fourniture des quadripôles résistifs à double entrefer pour les deux insertions de filtrage des faisceaux, des alimentations à charge résonnante et des circuits de mise en forme des impulsions pour les aimants d'injection rapides.

D'autres fonds destinés aux travaux de génie civil d'ISAC-II devraient être fournis par la province de Colombie britannique. La promesse d'ISAC-II a déjà ramené de jeunes canadiens dans leurs universités nationales et permis de rapatrier des équipements construits au Canada et utilisés aux États-Unis. Ce projet a également attiré des expériences européennes et étasuniennes.

Section droite à la pleine intensité



La section droite du LHC. De gauche à droite: Andrzej Siemko; Aniello Russo; Carlo Wyss; le chef du DAPNIA (Saclay) Joël Feltesse; Peter Rohmig; Peter Sievers; le directeur-général du CERN Luciano Maiani; Theodor Tortschanoff; le directeur scientifique du laboratoire français IN2P3 Jean-Jacques Aubert; Marc Peyrot de Saclay; le chef de la Division LHC du CERN Philippe Lebrun et Emmanuel Roy.

La première des 420 sections droites courtes du collisionneur LHC du CERN testée au Laboratoire a atteint la pleine intensité avec succès. Ces sections droites courtes comprennent des aimants supraconducteurs quadripolaires servant à maintenir les faisceaux bien focalisés; ils ont été conçus dans les laboratoires de Saclay de la Commission à l'énergie atomique et de leur voisin, le CNRS-IN2P3 d'Orsay, qui ont aussi construit les prototypes. Ces laboratoires seront également chargés du suivi industriel de ces sections dans le cadre de la contribution spéciale de la France au projet LHC en

sa qualité d'Etat-hôte.

Après des essais préliminaires à 9000 A et une brève accommodation, l'intensité dans la première section droite courte a rapidement pu être portée jusqu'à 13 000 A, le maximum fourni par les convertisseurs de puissance du LHC, bien supérieur à l'intensité nominale de 11 870 A qui correspond à un gradient de 223 T/m. De retour à 1,8 K, après un cycle thermique à la température ambiante, l'intensité de la section droite courte a pu être augmentée directement à 13 000 A, sans autre transition résistive.

Nouvelles perspectives pour le Nuclotron de Doubna

L'installation d'un nouveau système d'extraction de faisceaux à l'Institut unifié de recherches nucléaires de Doubna, près de Moscou, accroît considérablement les capacités de son unique accélérateur Nuclotron. Ces dernières années, le Nuclotron a fait circuler des faisceaux circulants de noyaux d'hydrogène, de deutérium, d'hélium, de carbone et de krypton dans son anneau supraconducteur de 250 m à une énergie atteignant jusqu'à 4,2 GeV par nucléon, et une intensité atteignant jusqu'à 10^{11} particules par seconde (pour les noyaux légers).

Les premières expériences utilisaient des cibles internes, mais la construction d'un système spécial d'extraction du faisceau est maintenant terminée. Ce système a été testé l'an dernier et les premiers faisceaux de protons extraits de l'anneau.

La seconde période pleine d'exploitation du Nuclotron avec extraction de faisceaux s'est déroulée en mars. Les paramètres d'un faisceau de deutérium extrait avec une intensité de plus de 10^9 particules par seconde ont été étudiés, et ce



A l'Institut unifié de recherches nucléaires de Doubna, près de Moscou, le 16 mars, des membres du Comité des plénipotentiaires de l'Institut visitent le Nuclotron supraconducteur. A Malakhov explique le fonctionnement du nouveau système d'extraction lente des faisceaux du Nuclotron.

faisceau a été transmis à plusieurs expériences. Les nouvelles données sont en cours de traitement.

Le système d'extraction de faisceaux du Nuclotron ouvre de nouveaux horizons à la recherche en physique. La construction du Nuclotron et l'expérimentation s'inscrivent dans le cadre d'une large collaboration internationale entre les Etats membres de l'IURN.

Jordanie: site favori pour le synchrotron SESAME

Lors d'une réunion au CERN les 10 et 11 avril, le Conseil provisoire restreint du projet SESAME (acronyme anglais pour Lumière synchrotron pour la science et les applications expérimentales au Moyen-Orient), après des discussions approfondies sur les aspects techniques, politiques et financiers, et suite à une série de votes, a retenu la Jordanie comme premier site à une large majorité, le deuxième choix se portant sur l'Arménie.

Sept membres s'étaient portés candidats, à savoir l'Arménie, l'Egypte, l'Iran, la Jordanie, le sultanat d'Oman, l'Autorité palestinienne et la Turquie. L'Egypte et l'Iran se sont retirés avant le vote final.

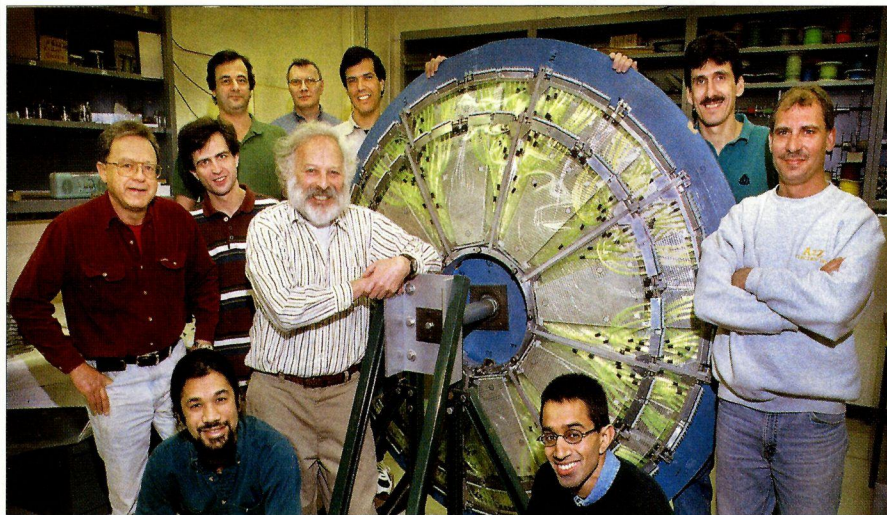
Si la préférence va à la Jordanie dans le choix de l'Etat hôte, il est implicite que la collaboration avec les autres membres, en particulier avec l'Autorité palestinienne, devra aider l'Etat hôte recommandé à remplir ses engagements. La recommandation du Conseil provisoire restreint est actuellement transmise au Conseil provisoire pour la ratification finale. Le Conseil provisoire de SESAME fonctionne sous les auspices de l'UNESCO.

A la suite de la fermeture de l'installation synchrotron BESSY I de Berlin en 1999, le gouvernement allemand s'apprêtait à la mettre à la disposition d'un autre projet. La décision d'améliorer cette installation et de la transférer dans un pays du Moyen-Orient pour promouvoir la paix par la science a donné naissance au Projet SESAME (mars p17).

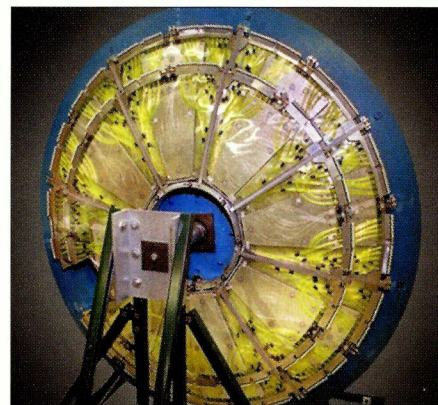
Le Conseil provisoire a sollicité des propositions auprès des pays du Moyen-Orient souhaitant accueillir le projet SESAME. Une réunion restreinte du Conseil provisoire, qui comptait un représentant de chacun des onze membres, a été chargée d'évaluer les mérites de chaque proposition et d'adresser une recommandation finale au Conseil provisoire au complet.

La réunion organisée au CERN, présidée par l'ancien directeur-général du CERN Herwig Schopper, a accueilli des délégués d'Arménie, de Chypre, d'Egypte, de Grèce, d'Iran, d'Israël, de Jordanie, du sultanat d'Oman, de l'Autorité palestinienne et de Turquie, ainsi que les co-présidents du comité technique, le secrétaire de l'UNESCO au Conseil provisoire et le directeur du bureau régional de l'UNESCO au Caire.

Un détecteur de Brookhaven pour le Laboratoire Fermi

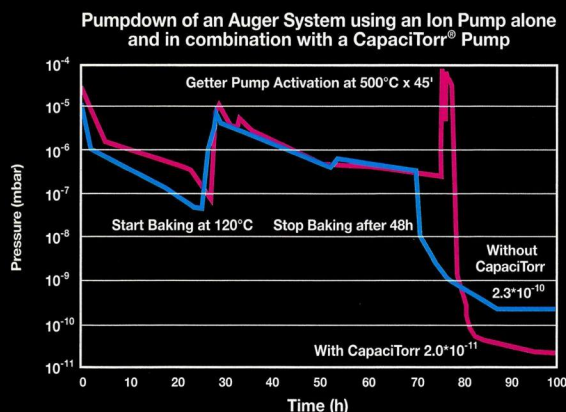


L'équipe Brookhaven/Stony Brook du FPS. Dernier rang, de gauche à droite: le sous-chef de projet Jonathan Kotcher, l'ingénieur de projet Anatoli Gordeev, Robert Soja et Neil Donahue (Département de physique de Brookhaven); rangée du milieu: Bob Wheeler (Physique, Brookhaven), Andreï Talalaevskii (Stony Brook), Peter Yamin (correspondant du CERN du bureau du directeur de Brookhaven et Russell Burns (Physique, Brookhaven). Premier rang Satish Desai et le responsable de la production Abid Patwa (Stony Brook). Michael Rijssenbeek, Jack Steffens et Julian Brody figuraient parmi les autres collaborateurs de Stony Brook (absents sur la photo).



Le détecteur de pieds de gerbes à petits angles (FPS) construit à Brookhaven.

Les physiciens de Brookhaven et de l'Université de l'Etat de New York à Stony Brook viennent d'achever la construction du détecteur de pieds de gerbes à petits angles (FPS), l'un des quatre sous-détecteurs internes de trajectographie pour l'expérience DO au collisionneur proton-antiproton Tévatron du Laboratoire Fermi. DO et le Tévatron subissent actuellement d'importantes améliorations avant la prochaine période d'exploitation, prévue à partir de mars 2001.



CapaciTorr® -B 1300-2 Pump

Achieve New Dimensions of Vacuum with a Getter Pump Combination

Improved UHV conditions can be obtained by using a Nonevaporable Getter (NEG) pump in combination with conventional pumping systems.

The NEG material efficiently pumps all active gases and in particular, H₂ at low pressure to further reduce the pressure to the 10⁻¹¹ Torr region or even lower allowing you to attain new dimensions of vacuum.

NEG pumps provide a clean, vibration-free, ultra high vacuum with no power consumption.

NEG Pump Combinations:

NEG Pumps + Turbomolecular Pumps allow the final pressure to be decreased by one order of magnitude.

NEG Pumps + Cryo Pumps have achieved in specific tests final vacuum chamber pressure of 5x10⁻¹¹ Torr compared to the pressure of 8x10⁻¹⁰ Torr of the cryo pump alone.

NEG Pumps + Ion Pumps are almost a standard for Particle Accelerator and Synchrotron Light Sources. This combination is ideal for Surface Science equipment.

The additional speed provided by the NEG pump allows you to reach specific pressure targets during pumpdown in a shorter time increasing your system availability.

Contact us and ask for our application note on implementing NEG pump combinations.

Worldwide Innovation...

Vacuum Systems

<http://www.saesgetters.com>
Europe: +39 0293 178 266
USA: +1 719 576 3200
Japan: +81 3 542 00431



ELFE: une machine à électrons pour l'Europe

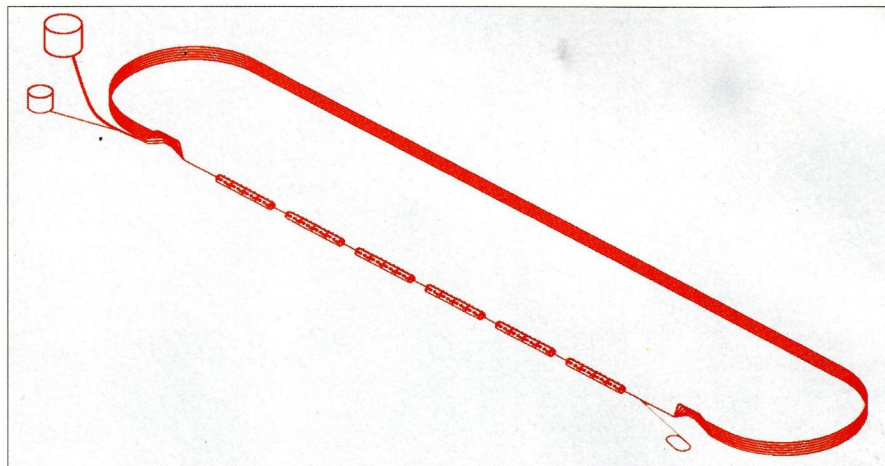
Comme les expériences au CERN à l'aide de faisceaux nucléaires de haute énergie l'ont montré (*Courrier CERN* avril 2000 p13), environ un dix-millième de seconde après l'instant zéro les quarks et les gluons du big-bang se sont "cristallisés" en protons et neutrons, modifiant pour toujours la texture du microcosme et forgeant celle de la matière nucléaire qui domine notre univers. Dans le jargon des physiciens, les quarks libres se sont trouvés confinés dans des particules subnucléaires dont ils n'ont depuis cessé d'être prisonniers.

Une fois réalisé le confinement des quarks, il est très difficile de revenir en arrière et le programme d'expérimentation du CERN à l'aide de faisceaux nucléaires de haute énergie a montré que pour recréer les conditions initiales du big-bang il faut de l'énergie, de la persévérance et de la perpicacité.

Cependant, les origines quarko-gluoniques de la matière nucléaire sont aujourd'hui bien comprises. Ce qui l'est moins, c'est comment le tissu complexe de matière nucléaire que nous voyons autour de nous se rapporte au confinement des quarks et des gluons et en résulte. La situation est un peu analogue à celle de la biologie qui résulte entièrement en fin de compte de la structure de l'ADN du matériau génétique. Cependant, jusqu'à ce que des expériences détaillées fassent apparaître la structure sous-jacente du génome, la relation de l'une avec l'autre reste difficile, si ce n'est impossible, à établir et la science demeure largement empirique.

La physique nucléaire a donc aussi besoin d'un "projet génome" pour cartographier sa structure quarko-gluonique. C'est sur ce raisonnement que repose la proposition d'un Laboratoire d'électrons pour l'Europe (ELFE) fournissant des faisceaux continus d'électrons dans la gamme 15–30 GeV. Le Comité de la collaboration européenne en physique nucléaire (NuPECC) – qui est en sorte le "parlement" des physiciens nucléaires européens, soutient le projet.

Le manque ressenti de faisceaux d'électrons puissants a inspiré plusieurs études aussi bien de la machine que des expériences à effectuer. La première proposition pour cette machine en 1993 considérait un concept "terrain nu". En 1997, une étude de DESY, Hambourg, avait examiné la possibilité d'exploiter les projets de DESY d'un nouveau collisionneur linéaire électron-positon (*Courrier CERN* octobre 1997 p12). La dernière étude en date, au CERN, vise à tirer parti du précieux matériel et des connaissances qui deviendront disponibles à la fermeture finale du collisionneur électron-positon LEP de 27 km du Laboratoire.



Le schéma du CERN pour un Laboratoire d'électrons européen ELFE fournissant des faisceaux continus d'électrons dans la gamme 15–30 GeV. Les cavités supraconductrices radiofréquence fabriquées à l'origine pour le collisionneur électron-positon LEP seraient réarrangées dans l'une des lignes droites d'une "piste de course". Le linac lui-même, équipé des cavités supraconductrices du LEP, mesurerait 1080 m. Le secteur rectiligne du côté opposé compterait six lignes de faisceaux superposées qui prendraient en charge le faisceau à ses passages successifs.

L'exploitation du LEP en 2000 a commencé en avril, mais à partir d'octobre le calendrier de la machine annonce "démontage du LEP", afin que l'on puisse préparer le tunnel pour le collisionneur de protons LHC dont l'exploitation doit débiter en 2005.

En 1998, Günther Geschonke et Eberhard Keil du CERN ont publié l'idée d'une machine à électrons basée sur des éléments récupérés au LEP, en particulier son précieux système de cavités accélératrices radiofréquence supraconductrices. Cette idée constitue maintenant le thème central d'une étude de principe, *ELFE au CERN*, abordant tout à la fois les objectifs expérimentaux sous-jacents, les besoins pour les expériences et les zones d'expérimentation et enfin la machine.

Les infrastructures cryogéniques, y compris les compresseurs d'hélium, installées pour le LEP auront une longue vie au LHC et ne seraient donc pas disponibles pour ELFE.

À la suite d'un programme de R&D intensif (*Courrier CERN* décembre 1997 p8) le LEP est aujourd'hui équipé de centaines de cavités radiofréquence doublées de niobium qui produisent des gradients accélérateurs de 7 MV/m et portent l'énergie des faisceaux à 100 GeV et même plus.

Dans le schéma ELFE au CERN, ces cavités seraient réarrangées dans l'une des lignes droites d'une "piste de course". Le linac lui-même, équipé des cavités supraconductrices du LEP, mesurerait 1080 m, mais en y ajoutant les éléments pour

distribuer et ramener les faisceaux aux extrémités, la longueur totale atteindrait 1500 m.

Le secteur rectiligne du côté opposé compterait six lignes de faisceaux superposées qui prendraient en charge le faisceau à ses passages successifs, le gain d'énergie étant de 3,5 GeV à chacun des passages à travers le linac. Étant donné la nécessité d'une faible dispersion en impulsion du faisceau (moins de 1 pour 1000), et ses conséquences sur la courbure qui peut alors être imposée, les deux lignes droites seraient raccordées par des demi-cercles de 300 m de diamètre. Le nouvel anneau pourrait trouver place près de la zone d'expérimentation Nord actuelle du CERN, les expériences étant dans ou à proximité des halls existants.

Pour élargir le programme d'expérimentation, on prévoit que ELFE fonctionnerait avec des particules polarisées. Elles seraient injectées à 800 MeV, soit à l'aide d'un linac supraconducteur grâce à l'expérience pratique acquise dans le projet international TESLA basé à DESY, soit à l'aide de microtrons en forme de piste comme dans la machine MAMI à Mayence.

L'étude de principe de ELFE au CERN est maintenant considérée comme définitive et servira de référence pour les futures présentations du sujet.

Pour en savoir plus

H Burkhardt (ed.) *ELFE at CERN, Conceptual Design Report CERN/NuPECC*, CERN 99-10.