

PARTICULES SOLAIRES

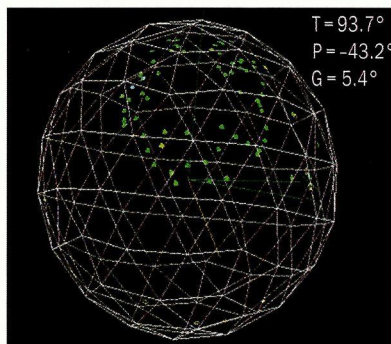
L'Observatoire de Sudbury confirme l'existence du phénomène d'oscillation

L'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNO) qui recueille des données depuis 1999 a publié ses premiers résultats sur les neutrinos solaires, confirmant ainsi l'hypothèse que ces particules se transforment durant leur trajet de 150 millions de kilomètres du Soleil à la Terre.

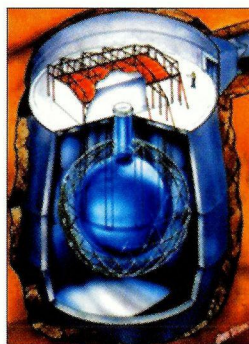
Cela fait 40 ans que l'on mène des expériences sur les neutrinos solaires. Observer les neutrinos est une tâche très ardue, il est donc difficile d'effectuer des mesures les concernant et il faut beaucoup de temps pour obtenir des résultats fiables. Au fil du temps, quelques physiciens se sont rendu compte que les neutrinos solaires qu'ils observaient dans leurs expériences étaient moins nombreux que prévu – on a alors parlé du "problème des neutrinos solaires".

Les neutrinos sont produits dans les réactions nucléaires qui se déroulent au cœur du Soleil et lui fournissent son énergie – le rayonnement de lumière et de chaleur rendant la vie possible n'est qu'un sous-produit du four nucléaire du Soleil. Si les physiciens comprennent réellement ce qui se passe à l'intérieur du Soleil, ils doivent pouvoir calculer le nombre de neutrinos atteignant la Terre. Lorsque les mesures contredisent les prévisions, on se trouve devant l'alternative suivante: soit on ne comprend pas bien la physique du Soleil, soit les neutrinos sont des particules diaboliques usant de faux-fuyants.

Pour bien cadrer le problème, il faut se rappeler qu'il y a cent ans les physiciens ne comprenaient ni d'où le Soleil puisait son énergie ni pourquoi il ne s'était pas encore éteint. Il fallut attendre l'avènement de la physique nucléaire dans les années 30 pour expliquer comment les transformations nucléaires peuvent durablement produire d'aussi prodigieuses quantités d'énergie. Le concept de neutrino n'a d'abord été qu'un ajout timide à la théorie nucléaire: pour expliquer la désintégration nucléaire bêta, il fallait admettre l'existence d'une particule qu'il serait très difficile, voire impossible, de détecter. Dès le départ, les neutrinos acquièrent la réputation de particules non conformistes.



A gauche: lorsqu'un neutrino solaire entre en collision avec un noyau d'eau lourde du détecteur de l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNO), un cône de lumière Chérenkov est émis et détecté (points verts) par les photomultiplicateurs tout autour. A droite: schéma du détecteur du SNO. La cavité du détecteur d'une hauteur de 34 m pour un diamètre de 22 m se trouve à 2000 m sous terre dans une mine de nickel en Ontario (Canada). La cible de mille tonnes d'eau lourde est contenue dans une cuve en acrylique de 12 m de diamètre, surveillée par 9500 photomultiplicateurs.



collisions de neutrinos produisent des éclairs de lumière que captent 9500 photomultiplicateurs. Le détecteur est sensible aux neutrinos solaires produits lors de la désintégration bêta du bore 8.

L'eau lourde joue un rôle crucial: le SNO est le premier détecteur de neutrinos extraterrestres à utiliser l'eau lourde. Dans une réaction avec de l'eau lourde (appelons-la réaction A), un neutrino de l'électron peut briser un deuton de la cible, produisant ainsi deux protons et un électron émergent. Les électrons peuvent également apparaître à la suite d'une diffusion élastique (réaction B), lorsque le neutrino incident rebondit sur un électron atomique qui de ce fait recule. On notera que la réaction B peut être produite par n'importe quelle sorte de neutrino.

Pendant 241 jours, le SNO a recueilli 1169 événements neutrino analysés avec beaucoup de soin afin de déterminer s'ils résultaient de la réaction A ou B.

Le flux apparent de neutrinos solaires mesuré à partir de la fréquence observée pour la réaction A ($1,75 \pm 0,07 + 0,12 - 0,11 \pm 0,05 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, où les trois types d'erreurs sont respectivement d'ordre statistique, systématique et théorique) est légèrement moindre que la valeur précise mesurée à partir de la réaction B ($2,32 \pm 0,03 + 0,08 - 0,07 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dans le détecteur Superkamiokande au Japon (Courrier CERN Septembre 2000 p8 – la mesure de la fréquence de la réaction B dans le SNO n'a pas encore atteint ce degré de précision). Si les flux mesurés à partir des deux réactions sont différents, c'est parce que certains des neutrinos de l'électron produits dans le Soleil ont "oscillé" pendant le trajet en d'autres sortes de neutrinos. Lorsqu'ils atteignent le SNO, ils ne peuvent plus provoquer la réaction A.

On a pu obtenir d'autres preuves du phénomène d'oscillation des neutrinos dans d'autres situations (Courrier CERN septembre 2000 p8). Le résultat du SNO est la première preuve directe de l'oscillation des neutrinos solaires sur le trajet Soleil-Terre. Lorsqu'une expérience débute avec des résultats d'une telle importance, son avenir semble assuré.

Les nouveaux résultats de Sudbury confirment que le comportement étrange du neutrino est à la base du déficit de neutrinos solaires – les particules se montrent donc à la hauteur de leur réputation.

Les neutrinos sont de trois sortes – électron, muon et tau – selon leur affiliation subnucléaire. Lorsque l'on a découvert que les neutrinos étaient de différents types, on a d'abord cru que c'était une caractéristique immuable – ainsi, un neutrino associé à un électron lors de sa production (comme cela se passe dans la désintégration bêta ou dans les réactions au centre du Soleil) resterait pour toujours un neutrino de l'électron.

Cependant, la réputation de dissidence à tous crins de ces particules incita certains physiciens perspicaces à émettre l'hypothèse qu'elles n'étaient peut-être pas immuables et qu'il existait une petite probabilité pour qu'un neutrino puisse se métamorphoser en vol. Un neutrino parti en classe électron pouvait "osciller" et passer à la classe muon. De tels changements pouvaient donc fournir une explication au déficit observé de neutrinos de l'électron solaires.

Le SNO est essentiellement une cuve contenant 1000 tonnes d'eau lourde, à 2000 m sous terre, dans une mine de nickel encore exploitée en Ontario (Canada). Les particules qui résultent des

JAPON

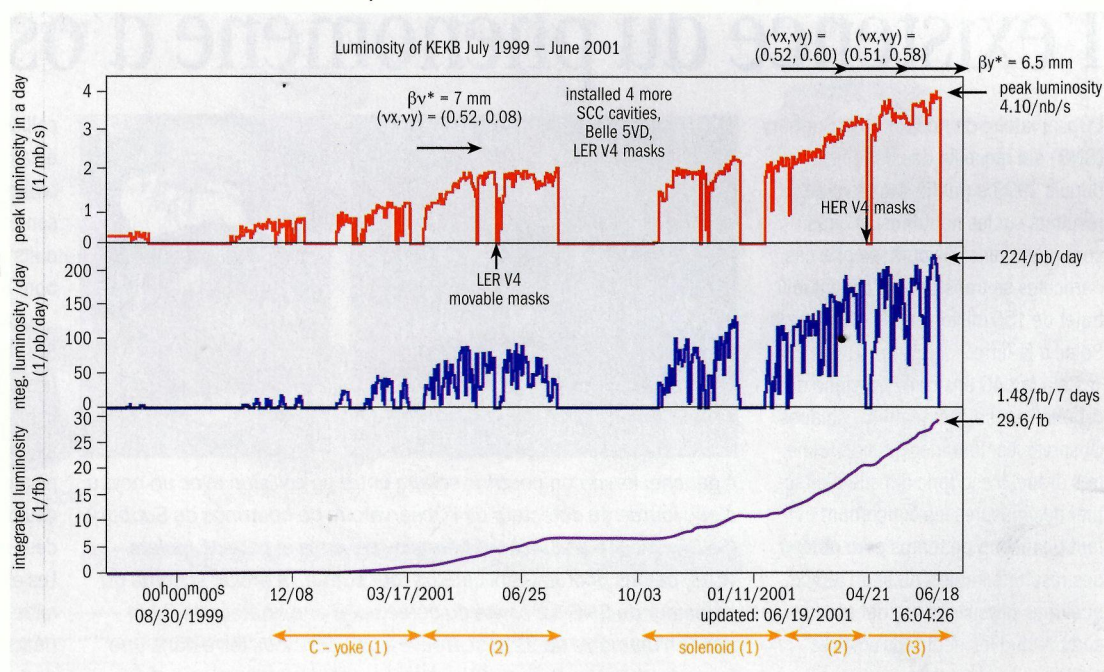
Une luminosité sans précédent à l'usine à B

Le collisionneur-usine à B japonais KEKB fournit une luminosité sans précédent (la luminosité mesure la fréquence des collisions électron-positon dans la machine) à la collaboration internationale qui réalise l'expérience Belle. Depuis la mise en service de la machine en novembre 1998, l'équipe de la machine KEK a résolu un grand nombre de difficultés, et a fait récemment un progrès majeur: elle a atteint la luminosité la plus élevée dans l'histoire des collisionneurs, soit $4,49 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Les luminosités intégrées (qui mesurent la "dose" de collisions administrée) s'établissent à 232 pb^{-1} par jour, $1,50 \text{ fb}^{-1}$ par semaine et $4,83 \text{ fb}^{-1}$ par mois. Tous ces chiffres sont ceux enregistrés par le détecteur Belle. Le total des données déjà recueillies par Belle atteignait $33,1 \text{ fb}^{-1}$ à la mi-juillet.

La luminosité de KEKB a été pratiquement doublée cette année, comme le montre la figure ci-dessus, grâce à plusieurs améliorations apportées à la machine. Premièrement, 1300 des 1800 m de région sans champ dans les arcs de l'anneau à basse énergie (LER) ont été recouverts d'enroulements solénoïdaux. On a supprimé ainsi le gonflement vertical du faisceau dû à la présence d'un nuage de photoélectrons jusqu'à environ 900 mA. La seconde amélioration a résulté de l'installation de nouveaux masques amovibles sur la chambre mobile de l'anneau à haute énergie (HER). Ce remplacement, dont l'utilité avait déjà été vérifiée l'année précédente sur l'anneau LER, a porté la limite du courant stocké à 770 mA.

En troisième lieu, un réglage poussé a été réalisé au niveau des accordages bêta-troniques, très près de la résonance demi-entière. Les accordages verticaux ont été portés au-delà des lignes de la résonance demi-entière dans les deux anneaux pour obtenir une stabilité des orbites et élargir la zone à luminosité élevée dans les espaces d'accordage. Les accordages verticaux, plus spécialement



Une luminosité (mesure de la fréquence des collisions dans la machine) sans précédent au collisionneur électron-positon et usine à B KEKB du Japon. Les deux diagrammes du haut montrent l'augmentation des performances maximums et quotidiennes, avec les étapes résultant des améliorations apportées à la machine. La luminosité intégrée, comme l'âge, ne peut aller que dans une direction, mais elle a effectivement doublé cette année à KEKB.

dans l'anneau LER, ont été fixés à un niveau encore plus proche de la résonance demi-entière pour obtenir l'effet de focalisation dynamique de l'interaction faisceau-faisceau sans sacrifier l'ouverture de la machine. Les autres améliorations notables concernent le contrôle de l'orbite, la surveillance et le contrôle de l'accordage bêta-tronique, le contrôle des dimensions du faisceau, le système de destruction du faisceau, le système d'enregistrement et les injecteurs.

Bien que la luminosité maximum et la luminosité intégrée par mois soient légèrement supérieures aux valeurs de PEP-II/BaBar au SLAC de Stanford, la machine KEKB devra recevoir de nouvelles améliorations pour rester compétitive à long terme face à sa rivale (même sur la base de la luminosité actuelle de PEP-II). Des obstacles non négligeables s'opposent à ce que KEKB fonctionne plus de neuf mois par an, en particulier l'inspection périodique du système de réfrigération exigée par la réglementation, le coût élevé de l'électricité en été et un système de refroidissement inadapté à la chaleur estivale.

Plusieurs améliorations sont prévues pendant la

période d'arrêt de cet été. De nouveaux enroulements solénoïdaux seront installés sur l'anneau LER. Il semble pour l'instant que l'effet du nuage d'électrons reste la principale limite au nombre de paquets circulant dans cet anneau.

Actuellement, la collision est effectuée avec un espacement de quatre zones de stabilité. Un espacement plus court est indispensable pour améliorer la luminosité, car le courant des paquets est limité dans les deux faisceaux pour différentes raisons.

Le remplacement de la chambre à vide est prévu dans la région d'interaction, où une limite possible du courant total est donnée par l'échauffement des chambres de cette région. Une nouvelle chambre avec une ouverture plus grande sera installée dans l'anneau HER en aval de la région d'interaction, ainsi que des systèmes de refroidissement supplémentaires dans l'anneau LER en amont.

Les masques amovibles actuels du type à absorber seront remplacés par des modèles à déflecteur pour réduire les détériorations par les pertes de faisceau.

Les détériorations des masques amovibles ont

KEKB du japon

Le paramètre de violation de CP

En temps voulu pour la saison des conférences de l'été, les deux grandes expériences qui mesurent la subtile asymétrie charge-parité (CP) dans les désintégrations de mésons B (particules qui contiennent le cinquième quark, ou quark b) ont annoncé de nouveaux résultats impressionnants.

L'expérience BaBar auprès du collisionneur électron-positon PEP-II du SLAC à Stanford a annoncé, sur la base d'un échantillon de 32 millions de paires de B, une valeur de $0,59 \pm 0,14$ pour le paramètre de violation de CP $\sin 2\beta$. L'expérience Belle auprès du collisionneur électron-positon du laboratoire japonais KEK, avec 31,3 millions de paires de B, attribue au paramètre une valeur de $0,99 \pm 0,14 \pm 0,06$.

Ces résultats sont les mesures les plus précises à ce jour de ce paramètre essentiel de la nouvelle physique. Initialement, les tenants de l'orthodoxie statistique ne souhaitaient pas s'engager, mais maintenant les résultats sont clairement différents de zéro, et les physiciens peuvent désormais affirmer avec confiance que la violation de CP se produit dans les désintégrations de B.

Avec les mesures précédentes, la moyenne mondiale s'établit maintenant à $0,79 \pm 0,12$, comparativement à la valeur de $0,70 \pm 0,12$ prédite par la théorie.

représenté un sérieux obstacle pour le fonctionnement des faisceaux. Une solution consistera à utiliser des masques plus minces pour réduire les graves dommages dus à l'échauffement.

Parmi les autres améliorations correspondantes envisagées pour cet été figurent un système de protection des masques avec le détecteur de pertes de faisceau et l'installation de plusieurs cavités radiofréquence supplémentaires afin de procurer une marge pour l'exploitation avec des courants élevés.

Le détecteur Belle installé sur KEBK étudie les désintégrations des mésons B (particules contenant le cinquième quark, appelé b), en particulier la subtile violation de la symétrie charge-parité, ou symétrie CP (voir ci-dessus).

Les effets des performances de la machine sur cette mesure étaient attendus avec impatience.

CERN

Le centre d'accueil des visiteurs de CMS: une attraction vedette



En haut: Visiteurs à l'ouverture du nouveau centre d'accueil des visiteurs de CMS au CERN. En bas: Le cylindre intérieur, de 13×6 m et 120 tonnes, de l'enceinte à vide qui contiendra l'aimant supraconducteur pour l'expérience CMS auprès du collisionneur LHC du CERN arrive au Col de la Faucille, dans le Jura, en route pour le CERN. Le trajet de 120 km depuis le fabricant Franc-Comptoise Industrie, une filiale de l'entreprise allemande DWE, jusqu'au CERN a pris cinq jours. Ce cylindre est la plus grande pièce du détecteur CMS.

L'expérience Solénoïde compact pour muons (CMS) prévue au futur Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN est devenue l'une des attractions vedettes du Laboratoire avec l'inauguration d'un nouveau centre d'accueil des visiteurs le 14 juin.

Dernièrement encore, les 20 000 visiteurs annuels du CERN avaient la possibilité de suivre une visite guidée de l'une des expériences auprès du Grand collisionneur électron-positon (LEP), l'installation de recherche phare du Laboratoire.

Depuis la fermeture du LEP l'année dernière, il n'y a plus de visite souterraine et une nouvelle série d'itinéraires ont été mis au point, comprenant entre autres les sites de préparation des expériences LHC.

L'expérience CMS est particulièrement bien adaptée aux visites puisqu'elle sera presque entièrement construite en surface.

Pour des informations sur CMS ainsi que des animations et des webcams, voir sous "<http://cmsinfo.cern.ch>".

USA

Prestigieuse récompense pour le CERN

Le 4 juin, au National Building Museum de Washington, Les Robertson, chef adjoint de la Division Technologies de l'information du CERN, a reçu au nom du laboratoire un prix récompensant les réalisations du XXI^e siècle décerné par le programme Computerworld Honors.

Cette prestigieuse récompense, qui a fait suite à la désignation du Laboratoire par Lawrence Ellison, Président-directeur général d'Oracle Corporation, a été remise au CERN pour son application innovante des technologies de l'information au profit de la société.

Ellison a désigné le CERN dans la catégorie "science" en reconnaissance de "travaux novateurs de développement d'une banque de données à grande échelle", c'est-à-dire d'une architecture informatique innovante qui répond précisément aux besoins de la communauté mondiale des physiciens des particules.

Le type d'informatique nécessaire pour analyser les données de physique des particules s'appelle "informatique à haut débit"; c'est un domaine dans lequel le CERN joue un rôle d'avant-garde depuis plus de dix ans. Au début des années 90, une collaboration d'informaticiens du Laboratoire, dirigée par Les Robertson, et de physiciens de nombreux Etats membres du CERN a mis au point une architecture informatique nommée "SHIFT", qui permettait à de multiples serveurs de bandes, de disques et d'unités centrales d'interagir avec les protocoles de réseau haute performance. Le concept modulaire de SHIFT permettait à la fois l'évolutivité et l'adoption facile de nouvelles technologies. (Pour une vue d'ensemble de SHIFT et de son élaboration, voir *Courrier CERN* juillet p19).

Au fil des années, le CERN a fait la démonstration de ces caractéristiques en transformant SHIFT: des systèmes des années 90 qui fonctionnaient



Les membres de l'équipe qui a initié le projet SHIFT au CERN. De gauche à droite: Ben Segal, Matthias Schroeder, Gail Hanson (tenant le trophée Computerworld), Bernd Panzer, Jean-Philippe Baud, Les Robertson et Frédéric Hemmer.

avec des postes de travail RISC (processeurs à jeu d'instructions réduit) et des réseaux spécialisés, l'architecture est aujourd'hui devenue un système gigantesque constitué de milliers de nœuds de PC sous Linux, reliés par le réseau gigabit Ethernet à des installations automatisées de stockage de bandes de centaines de téraoctets mises en anté-mémoire sur des disques du commerce comptant des dizaines de téraoctets.

Depuis, le CERN s'est attaché à développer SHIFT en collaboration avec des physiciens et des ingénieurs d'universités et de laboratoires du monde entier. Plusieurs collaborations ont été formées avec des partenaires industriels à mesure que les technologies successives étaient intégrées dans ce système. Aujourd'hui, SHIFT est employée couramment par les nombreuses expériences de physique qui utilisent les installations du CERN, et elle fournit un service informatique à plus de 7000 chercheurs dans le monde.

Pour ce qui est de l'avenir, le CERN et d'autres instituts de physique des particules travaillent actuellement sur l'extension de cette architecture innovante pour lui permettre de gérer des dizaines de milliers de nœuds, ainsi que sur l'incorporation de la technologie de grille de calcul en vue de lier

l'environnement CERN à d'autres installations informatiques, facilitant ainsi l'accès aux quantités colossales de données qui seront produites par les expériences auprès du prochain accélérateur de particules du Laboratoire, le Grand collisionneur de hadrons (LHC), qui entrera en service en 2006.

En recevant le prix, le Directeur général du CERN, Luciano Maiani, a déclaré: "Il s'agit d'une importante reconnaissance de l'excellence du CERN en matière de technologies de l'information. C'est en particulier une récompense pour les équipes de physiciens des expériences LEP

du CERN qui ont contribué au développement et à la mise en œuvre de cette nouvelle architecture. Ce prix est également un encouragement pour les physiciens qui œuvrent actuellement pour relever les défis complexes posés par l'informatique du LHC."

Hans Hoffmann, Directeur du calcul scientifique du CERN, a précisé: "Outre ses contributions majeures à la physique, le CERN a été un perpétuel novateur en technologies de l'information, depuis le web jusqu'à ses travaux actuels sur la Grille de calcul. Nous sommes ravis d'avoir obtenu ce prix, en particulier parce qu'il démontre que les initiatives du CERN en matière d'informatique sont reconnues non seulement par le milieu académique, mais également par les plus grands experts en informatique de l'industrie."

Parmi les lauréats figurait également cette année Tim Berners-Lee, qui a reçu le prix de la prééminence pour l'intégration mondiale décerné par Cap Gemini Ernst & Young en reconnaissance de son travail novateur sur le World Wide Web, accompli au début des années 90 alors que Berners-Lee était au CERN.

● Pour de plus amples informations sur le programme Computerworld Honors, voir sous "<http://www.cwheroes.org>".

VAT

NEW 2004 catalogue – request yours now
on +44 (0)208 346 1999 or uk@vatvalve.com

JAPON

Production des aimants plus compacts

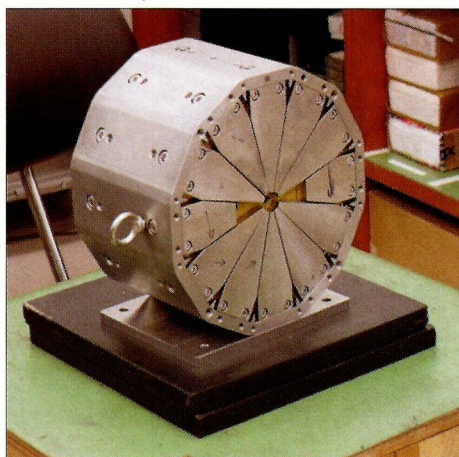
Un nouveau moyen d'obtenir de puissants champs magnétiques sans recourir à la solution onéreuse des électro-aimants a été mis au point au Japon, développement qui pourrait ouvrir la voie à la réalisation d'accélérateurs de particules spécialisés de dimensions plus modestes.

Bien que les accélérateurs de particules aient été inventés pour fournir les faisceaux de haute énergie qui sont nécessaires pour traverser les barrières nucléaires et observer le monde subnucléaire, la plupart des accélérateurs en service aujourd'hui sont des machines de basse énergie pour des applications très diverses comme la production de radioisotopes, le traitement du cancer ou l'implantation ionique.

Dans les machines de haute énergie, qui produisent des faisceaux relativistes, il est nécessaire de faire varier les champs magnétiques et les électro-aimants pulsés sont de règle.

En revanche, pour les machines d'énergie moins élevée et pour les aimants destinés à des utilisations spéciales, il peut être plus économique d'employer des aimants permanents, qui ne nécessitent pas d'alimentation électrique, ni de systèmes de refroidissement ou de systèmes cryogéniques spéciaux.

Cette idée avait été lancée pour la première fois à Berkeley par Klaus Halbach, qui avait introduit à la fin des années 70 des aimants permanents appelés "wigglers" ou "onduleurs" pour produire un



Ce petit aimant permanent prototype conçu par une équipe de l'Institut national japonais des sciences radiologiques a dépassé 4 teslas. Il présente un diamètre intérieur de 6 mm et une longueur de 150 mm.

rayonnement synchrotron à partir d'un faisceau d'électrons captif de haute énergie. À l'origine, le matériau magnétique choisi était un alliage de terre rare et de cobalt. L'anneau de recyclage d'antiprotons du Fermilab emploie aussi des aimants permanents (*Courrier CERN* juillet p16).

Motivée par la nécessité de concevoir des machines compactes destinées à produire des faisceaux pour le traitement du cancer, une équipe de l'Institut national japonais des sciences radiolo-

giques dirigée par Masayuki Kumada a collaboré avec Sumitomo Special Metals pour réaliser un prototype d'aimant permanent à échelle réduite capable de produire les champs magnétiques requis, supérieurs à 4 teslas. À l'heure actuelle, seuls les grands aimants supraconducteurs permettent d'atteindre ces valeurs de champ.

Avec des matériaux magnétiques appropriés comme un alliage samarium-cobalt, le champ maximum qui peut normalement être atteint est de l'ordre de 2 T. Les aimants de type Halbach ont apporté une amélioration grâce à l'emploi d'une géométrie qui a pour effet d'amplifier le champ intérieur.

L'innovation majeure de ce nouveau concept réside dans l'utilisation d'un pôle saturé en fer dans le circuit magnétique de l'aimant permanent pour produire un champ résiduel plus élevé, comprimer le flux magnétique et affaiblir le champ démagnétisant. Des champs atteignant 4,45 teslas ont été obtenus grâce à un refroidissement à -25°C (le champ était de 3,9 teslas à la température ambiante). Avec ces champs, le diamètre d'une machine à hadrons (noyaux) pour le traitement du cancer n'atteindrait pas la moitié de celui des machines actuelles. L'équipe a commencé à travailler sur un cyclotron à aimants permanents. Avec cette technique, on pourrait également envisager de construire des collisionneurs de hadrons de haute énergie avec de petits faisceaux.

CERN/RUSSIE

Les derniers aimants du LHC sont parvenus au CERN

La livraison des aimants russes destinés aux lignes de transfert qui alimenteront le nouveau collisionneur LHC est maintenant terminée.

Ces deux dernières années, des aimants ont été acheminés régulièrement de l'Institut Budker de Novossibirsk jusqu'au CERN. Quelque 360 dipôles de 6 m et 180 quadripôles de 1,4 m arrivés à bon port seront installés dans deux nouveaux tunnels de transfert souterrains, longs chacun de 3 km, qui relient les tunnels du SPS et du LHC/LEP. L'un de ces tunnels a été raccordé dernièrement à l'anneau de 27 km du LHC (*Courrier CERN* juillet p24).

Chaque mois, une dizaine de chargements contenant chacun deux dipôles et un quadripôle ont parcouru les 6000 km séparant la Sibérie du CERN. Contrairement aux aimants principaux du



LHC, ces aimants ne sont pas supraconducteurs. L'Institut Budker les a fournis dans le cadre de l'accord de coopération de 1993 concernant la participation de la Russie au projet du LHC. Les travaux préliminaires sur les éléments des dipôles

Le terme d'une longue route – de gauche à droite: Lyn Evans, directeur, chef du projet LHC; Luciano Maiani, Directeur général du CERN; Alexandre Skrinsky, directeur de l'Institut Budker de Novossibirsk; Kurt Hubner, directeur des accélérateurs du CERN. Ils sont assis sur les derniers des 360 dipôles et 180 quadripôles provenant de Novossibirsk, qui seront installés dans les lignes de transfert pour l'injection des protons dans le LHC.

ont été effectués par l'Institut Efremov de Saint-Petersbourg et sur ceux des quadripôles par l'usine ZVI de Moscou. C'est à Novossibirsk qu'a été achevée la construction des aimants et réalisé leur assemblage final.

CERN/AMÉRIQUE DU SUD

Une école latino-américaine marque le début d'une nouvelle collaboration

La première Ecole de physique des hautes énergies organisée conjointement par le CERN et le CLAF (Centro Latinoamericano de Física), Rio de Janeiro, qui s'est déroulée à Itacuruçá, Brésil, du 6 au 19 mai, annonce, on peut l'espérer, le début d'une collaboration étroite entre le CERN et les physiciens latino-américains.

Cette nouvelle série d'écoles biennales est conçue sur le modèle de l'Ecole de physique organisée par le CERN et l'Institut unifié de recherche nucléaire de Dubna, près de Moscou, qui a joué et joue encore un rôle déterminant en encourageant les relations entre le CERN et les anciens pays communistes.

Sur les 71 étudiants qui ont participé à la première Ecole CERN-CLAF, 56 provenaient de huit pays d'Amérique latine (17 du Mexique, 16 du Brésil, 11 d'Argentine et 12 du reste du continent), 13 d'Europe et deux des Etats-Unis.

Si les étudiants latino-américains ont vu l'intégralité de leurs frais de voyage, de subsistance et d'hébergement pris en charge par l'Ecole, les autres ont été subventionnés par leur institut d'origine. Outre le Brésil, le Mexique et le CLAF, le CERN, l'Espagne, la France, le Portugal et l'Italie ont apporté une aide financière.

Les étudiants étaient logés dans des chambres doubles ou triples avec des jeunes originaires de pays ou de régions différentes, ce qui a fortement contribué à la réussite de l'école.

Onze conférenciers sont venus d'Europe, d'Amérique latine et des Etats-Unis. Aux cours, en anglais, se sont ajoutées des séances de discussions quotidiennes animées par sept physiciens d'Amérique latine. Les étudiants ont présenté avec enthousiasme leurs travaux sur des panneaux.

Un sondage effectué à l'issue de l'école a révélé que:

- l'école a été un succès incontesté;
- le niveau des étudiants était élevé et les conférences ont été bénéfiques à tous malgré des



Moment de détente: Cecilia Uribe du Mexique et Patrick Brockhill des Etats-Unis, étudiant à Rio. L'école s'est déroulé sur une île à Itacuruçá.

problèmes minimes liés à la langue;

- la diversité des nationalités était importante et les étudiants sont persuadés que les contacts avec d'autres étudiants et des conférenciers de renommée internationale seront importants pour leur future carrière et permettront de mettre en place un réseau interrégional de jeunes physiciens;
- les étudiants sont également convaincus de l'importance des relations nouées pendant l'école pour renforcer la collaboration entre les individus et les institutions à l'intérieur de l'Amérique latine;
- la poursuite de l'école est souhaitée à l'unanimité, et la communauté des physiciens du Mexique ainsi que les autorités du pays ont fait savoir qu'elles souhaitaient accueillir la prochaine école en 2003.

Lors d'une réunion organisée à l'issue de l'école, des représentants du CERN, de plusieurs pays d'Amérique latine (Argentine, Brésil et Mexique) et d'organismes de financement ont discuté des stratégies permettant de poursuivre et éventuellement pérenniser le financement de l'Ecole CERN-CLAF, et de renforcer la collaboration entre

les pays d'Amérique latine et le CERN. Il a été convenu, principalement dans le cadre du projet LHC du CERN, que :

- l'Ecole biennale CERN-CLAF se poursuivra;
- les collaborations actuelles et futures seront encouragées par l'élaboration de protocoles "ad hoc" entre les organismes de financement d'Amérique latine et le CERN, afin de garantir un cadre financier stable aux activités en physique des particules, qui actuellement se prolongent sur de longues périodes;
- le CERN pourrait accorder aux groupes d'Amérique latine un accès à ses installations ainsi qu'à d'autres services et leur donner la priorité pour récupérer les équipements inutilisés;
- le CERN continuera de rechercher des ressources supplémentaires auprès de l'Union européenne, de l'UNESCO et de ses Etats membres

afin d'intensifier les échanges de scientifiques et d'augmenter la durée et le nombre des postes ouverts au CERN à des scientifiques, ingénieurs et apprentis latino-américains;

- le CERN peut également contribuer à rechercher d'autres possibilités de coopération avec l'Amérique latine en matière scientifique, technique, industrielle et d'éducation du public;
- les possibilités et les conditions dans lesquelles certains pays latino-américains pourraient devenir observateurs au CERN seront également étudiées.

Un Comité de coordination conjoint CERN-Amérique latine sera créé avec pour objectif de préparer un plan d'action. Le projet de plan sera soumis, pour approbation, aux autorités du CERN, du CLAF et des organismes de financement d'Amérique latine. Le Directeur général du CERN le soumettra également aux Etats membres désirant coopérer, ainsi qu'à l'Union européenne et à l'UNESCO. L'Espagne et le Portugal ont fait savoir qu'ils avaient l'intention de soumettre ce plan au prochain sommet des chefs d'Etat et de gouvernement ibéro-américains, prévu en 2002.

Le point de vue d'une étudiante

Ayant participé en tant qu'étudiante à la première Ecole de physique des hautes énergies organisée conjointement par le CERN et le CLAF, voici mes impressions personnelles, qui, me semble-t-il, sont partagées par les autres étudiants.

L'Ecole est organisée pour l'essentiel de la même manière que la traditionnelle Ecole de physique des hautes énergies, à savoir deux semaines de cours de grande qualité, des séances de discussions et du temps libre pour se divertir dans le domaine de la physique ou autre.

L'école européenne est avant tout destinée à l'enseignement de la physique théorique aux physiciens expérimentateurs. Toutefois, l'Ecole CERN-CLAF a été judicieusement adaptée à la réalité de l'Amérique latine puisque les jeunes théoriciens ont également été acceptés et des cours sur la physique expérimentale ajoutées au programme. En outre, des étudiants d'Europe et des Etats-Unis ont pu y participer.

Les conférences ont attisé notre curiosité et



Ana Amelia Machado et Henrique Barbosam, deux étudiants brésiliens, préparent leurs contributions lors de la première Ecole CERN-CLAF de physique des hautes énergies.

fait l'objet de débats pendant notre temps libre et les séances de discussion.

La présentation sur panneaux a été une excellente occasion de montrer nos travaux et de

découvrir ceux des autres. Nous avons ainsi eu environ trois heures d'échanges d'informations stimulants et nombre d'entre nous sommes revenus pendant notre temps libre pour poursuivre les discussions.

Le mélange de jeunes théoriciens et expérimentateurs a également été très bénéfique. Les étudiants n'ayant tous reçu la même formation en physique, les points de vue différaient parfois, ce qui a enrichi les débats.

Les étudiants européens et américains, dotés d'une culture et d'une expérience en physique des particules différentes, se sont bien intégrés. Leur participation a également contribué à favoriser les discussions en anglais.

Pour toutes ces raisons, l'Ecole de physique des hautes énergies CERN-CLAF apparaît indispensable. Elle va certainement jouer un rôle déterminant dans l'intégration de la communauté latino-américaine dans le monde de la physique expérimentale des particules.

Erica Ribeiro Polycarpo, UFRJ, Rio de Janeiro

CRISTAUX

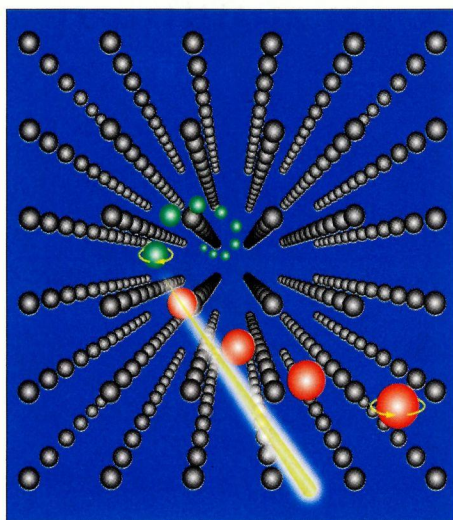
Des cristaux pour polariser les spins des particules

De nouvelles recherches sur le comportement des faisceaux de particules chargées qui traversent des cristaux suggèrent que les champs électriques très intenses à l'intérieur de ces cristaux pourraient servir à orienter (polariser) les spins des particules.

On peut se représenter le spin d'un électron comme l'équivalent d'une minuscule bobine traversée par un courant. Cette bobine induira à proximité un champ magnétique qui interagira avec tous les autres champs électromagnétiques.

Au début des années 60, on s'était aperçu que l'interaction de ce magnétisme propre de l'électron avec le champ magnétique d'un accélérateur circulaire pourrait être employée pour polariser les électrons en orbite. C'est aujourd'hui une méthode couramment utilisée pour polariser les faisceaux d'électrons dans les anneaux de stockage. Toutefois, comme il s'agit de champs très faibles, il faut plusieurs heures pour obtenir cette polarisation.

Dans les années 90, la Collaboration NA43 au CERN a étudié en détail ce qui se produit lorsqu'un faisceau de haute énergie traverse diverses structures cristallines. Lorsque ce faisceau pénètre dans un cristal, il "voit" un champ électrique cohérent



Un électron à spin vers le bas (en vert) émet un rayonnement très dur à la suite du basculement vers un état à spin orienté vers le haut (en rouge) en traversant les champs électromagnétiques très intenses d'un cristal.

intense qui est dû aux noyaux qui le constituent. En outre, si les particules chargées se déplacent à des vitesses relativistes, les champs apparents sont

encore plus élevés et atteignent la valeur de champ dite critique de 10^{16} V/cm. Dans ces conditions, les électrons alignent leur spin dans le champ dans un temps à peu près équivalent à celui nécessaire pour traverser le cristal, c'est-à-dire 1 ps, au lieu de plusieurs heures.

Il devient alors possible d'étudier également les photons émis lors du basculement des spins des électrons. Ces effets pourraient être intéressants pour les projets de collisionneurs linéaires électron-positon de haute énergie, comme le CLIC du CERN, et il est probable aussi qu'ils existent à la surface des étoiles à neutrons, où l'intensité des champs est comparable à celle du champ critique.

Un autre effet cristal-faisceau bien connu est la "canalisation", c'est-à-dire le guidage d'un faisceau de particules chargées à travers le cristal sous l'action de ses champs électromagnétiques internes. L'utilisation d'un cristal courbé fournit un moyen de guidage du faisceau qui est plus économique que les grands aimants classiques. La canalisation dans les cristaux courbés est utilisée couramment dans les expériences, notamment l'expérience NA48 d'étude de la violation de CP (Courrier CERN juillet p5).