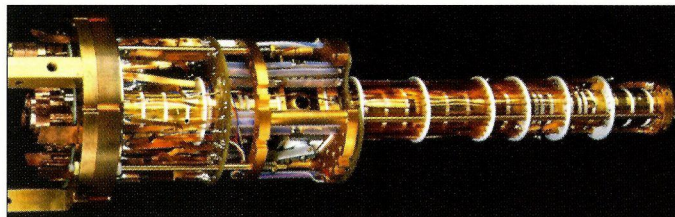


ANTIMATIÈRE

ATRAP observe l'antihydrogène de l'intérieur

L'expérience ATRAP auprès du Décélérateur d'antiprotons du CERN a détecté et mesuré une grande quantité d'atomes d'antihydrogène froids. La mesure faite avec ATRAP, faisant appel à l'ionisation subie par des antiatomes froids traversant un gradient de champ électrique intense, fournit pour la première fois un aperçu de l'intérieur d'un antiatome et donne pour la première fois des informations sur la physique de l'antihydrogène.

La technique d'ATRAP repose sur la capture de positons entre deux paquets d'antiprotons dans un piège combiné. Les positons sont employés pour refroidir les antiprotons et lorsqu'ils atteignent tous une température similaire, certains se combinent pour former des atomes d'antihydrogène (un positon en orbite autour d'un noyau constitué d'un antiproton). Ces antiatomes, du fait qu'ils sont électriquement neutres, dérivent vers l'extérieur du piège. Ceux qui se déplacent le long de l'axe de l'appareillage sont rapidement conduits à traverser un champ électrique intense qui arrache les positons et permet ainsi aux antiprotons chargés négativement d'être capturés et comptés. "Cette mesure est totalement exempte de bruit de fond,"



Le piège de Penning de l'expérience ATRAP forme le cœur de l'appareillage qui a offert le premier aperçu de l'intérieur d'un antiatome.

explique le porte-parole d'ATRAP, Jerry Gabrielse de l'université Harvard, "parce que la seule manière dont un signal est détecté correspond au cas où des antiprotons s'échappent du piège combiné sous la forme d'atomes d'antihydrogène neutres."

L'équipe d'ATRAP a mesuré le champ nécessaire pour ioniser les atomes d'antihydrogène. Les résultats montrent que les antiatomes sont formés dans des états hautement excités (entre $n = 43$ et $n = 55$). Cela est interprété comme indiquant un système de recombinaison à trois corps dans lequel un troisième corps emporte l'énergie et l'impulsion libérées par la formation de l'anti-atome. La méthode de l'expérience ATRAP a permis de mesurer pour la première fois les propriétés physiques de l'antihydrogène, et c'est un pas

vers les mesures précises qui permettront de comparer la matière et l'antimatière. Le but final est de capturer des atomes d'antihydrogène et d'étudier leur spectre avec la même précision que pour l'hydrogène ordinaire (de l'ordre de 10^{14} pour une analyse de la transition de l'état $n = 2$ à $n = 1$).

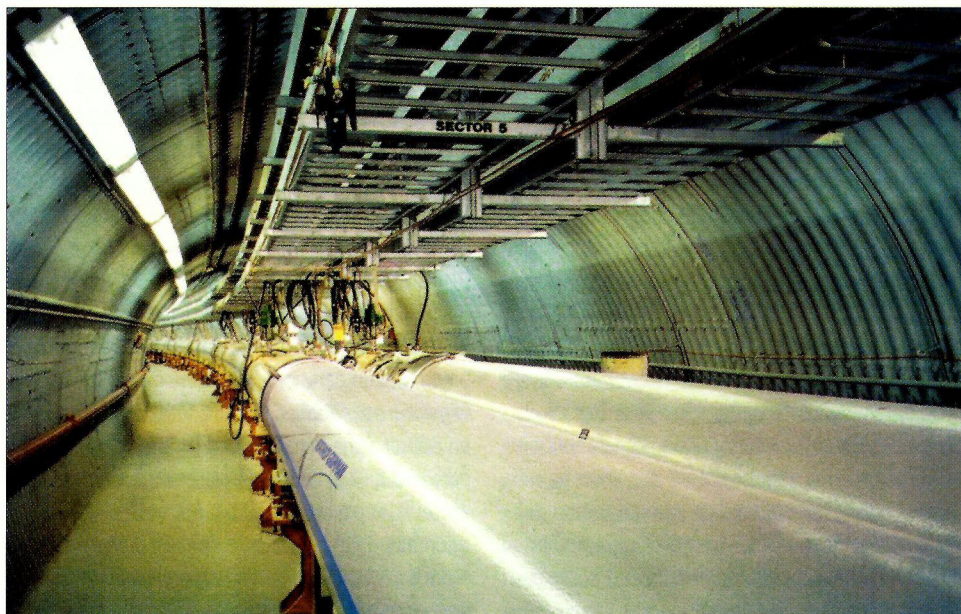
Ces nouvelles arrivent peu de temps après qu'ATHENA, une autre expérience du CERN, eut annoncé avoir observé de

l'antihydrogène froid (Courrier CERN novembre p5). En employant une technique de détection entièrement différente de celle d'ATHENA, et en offrant pour la première fois un aperçu de la structure interne de l'antihydrogène, l'expérience ATRAP a montré que les chercheurs du CERN sont fermement engagés sur la voie conduisant à la connaissance de la première case du tableau périodique des anti-éléments. ATHENA comme ATRAP emploient des techniques similaires pour capturer les constituants de l'antihydrogène, à la mise au point desquelles l'équipe de Gabrielse a consacré de nombreuses années. L'emploi de méthodes de détection différentes par ces deux expériences renforce le résultat, et cela laisse bien augurer des futures études sur l'antihydrogène au CERN.

BROOKHAVEN

Nouvelle période d'exploitation d'ions lourds pour RHIC

Le collisionneur d'ions lourds RHIC de Brookhaven a débuté son refroidissement le 1er novembre dans la perspective d'une première injection de faisceau en décembre. Après une période d'exploitation réussie en début d'année, avec la première injection de protons polarisés (Courrier CERN avril p8), le collisionneur RHIC est sur le point d'entamer une nouvelle exploitation avec des collisions deutérium-or. Cette exploitation constituera un point de référence pour les collisions or-or que les expériences RHIC devaient étudier, car toute déviation, aussi infime soit-elle, entre des collisions proton-or et or-or déboucherait sur une nouvelle physique. Le deutérium a été substitué aux protons pour des raisons pratiques. Les aimants dipôles à grande ouverture qui permettent la collision des faisceaux du RHIC devraient en effet être réalignés pour les collisions proton-or, tandis que les collisions deutérium-or ne nécessitent aucune intervention.



Le collisionneur RHIC de Brookhaven – prêt pour une nouvelle opération. (BNL.)

Le BES accumule 14 millions d'évènements $\psi(2S)$

Cette année, la collaboration BES (spectromètre de Pékin) au collisionneur électron-positon de Pékin (BEPC) a terminé une période d'expérimentation à l'énergie de la résonance $\psi(2S)$. La période a duré de novembre 2001 à mars 2002, soit 111 jours au total. BES a enregistré 14 millions d'évènements $\psi(2S)$, ce qui en fait le plus grand échantillon du monde de tels évènements produits dans des annihilations électron-positon. Avec 4 millions d'évènements recueillis entre 1993 à 1995, BES possédait déjà auparavant le plus vaste ensemble de ces données. Le nouvel échantillon permettra d'étudier avec une précision accrue les propriétés et les désintégrations du $\psi(2S)$, ainsi que d'autres états liés du quark charme produits dans les désintégrations du $\psi(2S)$.

La résonance $\psi(2S)$ a été découverte en 1974 dans l'expérience Mark I au centre de l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) en Californie, peu après la découverte du J/ψ . Ces deux résonances sont composées d'un quark charme et de son antiquark. La découverte du J/ψ et du $\psi(2S)$ a été cruciale pour établir le modèle des quarks dans lequel on peut décrire presque tous les mésons et baryons observés comme des objets composés formés de quarks liés par la force forte. La théorie qui décrit cette situation est la chromodynamique quantique (CDQ), dans laquelle les porteurs de l'interaction forte sont les gluons, tandis que les quarks sont liés entre eux par l'échange de ces gluons.

Le $\psi(2S)$ est un état excité du J/ψ . Le $\psi(2S)$ est plus massif que le J/ψ , bien que certaines de leurs propriétés soient similaires, de sorte qu'il peut se désintégrer dans d'autres états charme-anticharme (par exemple le η_c de spin 0 et les trois états de spin 1 du χ_c , aussi bien que vers le J/ψ lui-même). L'échantillon de $\psi(2S)$ permet donc d'étudier la physique des nombreux états du charmonium (figure 1). Effectivement, l'étude de l'échantillon de $\psi(2S)$ recueilli entre 1993 et 1995 au BES s'est avérée très utile et importante pour vérifier les calculs de CDQ sur la production du quarkonium et sur la dynamique de sa désintégration. Cette étude présente de grands avantages qui sont des signatures très claires et l'abondante production des états χ_c dans les désintégrations du $\psi(2S)$. En outre, l'échantillon peut également servir à étudier la spectroscopie des hadrons légers d'après les produits de désintégration des états χ_c pour lesquels les nombres quantiques des états initiaux sont bien définis et différents pour χ_{c0} , χ_{c1} et χ_{c2} .

Le plus grand mystère des désintégrations du

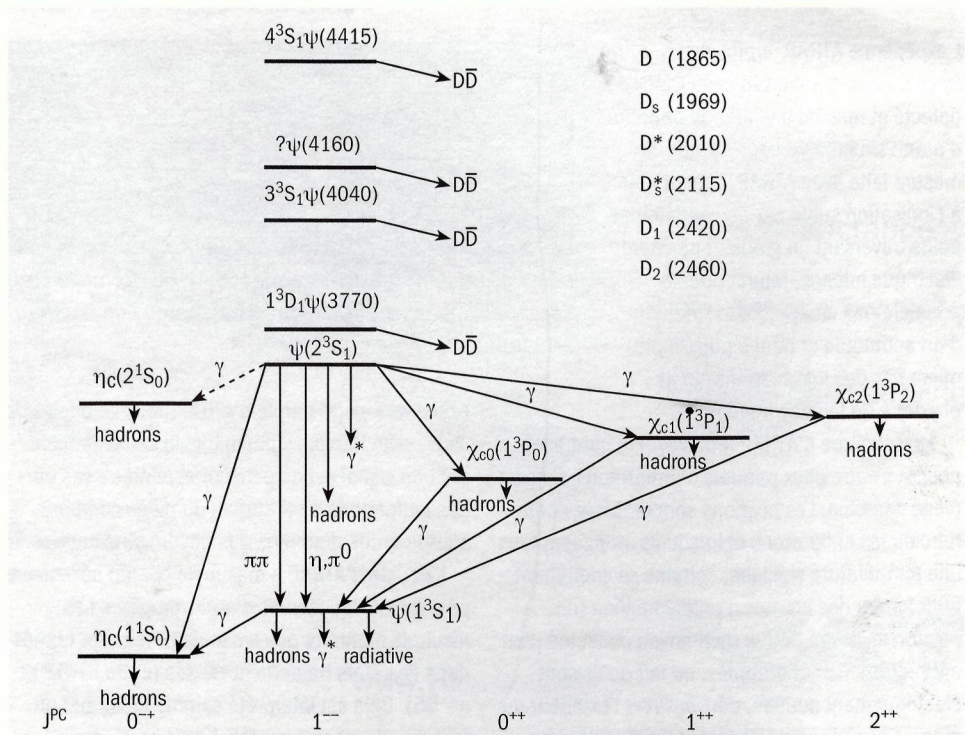


Fig. 1. Les états du charmonium et les désintégrations permises du $\psi(2S)$.

$\psi(2S)$ est celui qu'on appelle l'énigme $\rho\pi$. En CDQ perturbative, les désintégrations des états du charmonium J/ψ et $\psi(2S)$ en hadrons légers devraient être dominées par l'annihilation des quarks charme et anticharme en trois gluons. Dans ce modèle simple, la largeur partielle des désintégrations en états hadroniques exclusifs est proportionnelle au carré de la fonction d'onde à l'origine, $\psi(0)^2$, laquelle est bien déterminée d'après les désintégrations des dileptons. Comme la constante de couplage forte ne varie guère entre la masse du J/ψ et celle du $\psi(2S)$, on peut raisonnablement penser que pour tout état hadronique exclusif (h), les rapports d'embranchement dans les désintégrations du J/ψ et du $\psi(2S)$ varieront comme $B(\psi(2S) \rightarrow h)/B(J/\psi \rightarrow h) \approx B(\psi(2S) \rightarrow e^+e^-)/B(J/\psi \rightarrow e^+e^-) \approx 12\%$.

Cette relation est connue sous le nom de règle des 12%. Bien qu'elle marche raisonnablement bien dans un certain nombre des modes de désintégration spécifiques, elle est sérieusement mise en défaut dans le cas de la désintégration à deux corps du $\psi(2S)$ vers les états finals à mésons vecteurs et pseudoscalaires, $\rho\pi$ et $\bar{K}^*K$. Cette anomalie a été découverte dans l'expérience Mark II au SLAC. En outre, le groupe BES a fait état des violations de la règle des 12% pour les modes de désintégration vecteur-tenseur. Bien que

diverses explications théoriques aient été proposées, la plupart d'entre elles n'offrent pas de solution satisfaisante. L'important échantillon d'évènements $\psi(2S)$ permettra des mesures plus précises des rapports d'embranchement pour mieux mettre à l'épreuve les théories survivantes.

Au cours de cette récente période, le BEPC a atteint une luminosité-crête de $1,1 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ et accumulé en une journée un record de 208,000 $\psi(2S)$. La première phase de reconstitution de tous les évènements $\psi(2S)$ est terminée. Un étalonnage soigneux en différé des données montre que le détecteur BES a bien fonctionné, avec une résolution du temps de vol – pour la partie tonneau – de 200 ps, une résolution sur dE/dx de 8,5% et une résolution sur l'impulsion de $1,7\sqrt{(1+p^2)\%}$ (la figure 2 donne un aperçu des performances du détecteur).

Auparavant, le BES avait obtenu un échantillon de 58 millions d'évènements J/ψ (Courrier CERN décembre 2001 p6), soit le plus grand échantillon mondial de J/ψ obtenu dans des collisions électron-positon. Les échantillons de J/ψ et de $\psi(2S)$ sont complémentaires et ensemble ils fourniront des informations sur une vaste gamme de sujets, pas seulement sur la validité de la règle des 12%. Frederik A Harris, Université de Hawaï, et Weigo Li, Institut de physique des hautes énergies, Pékin.

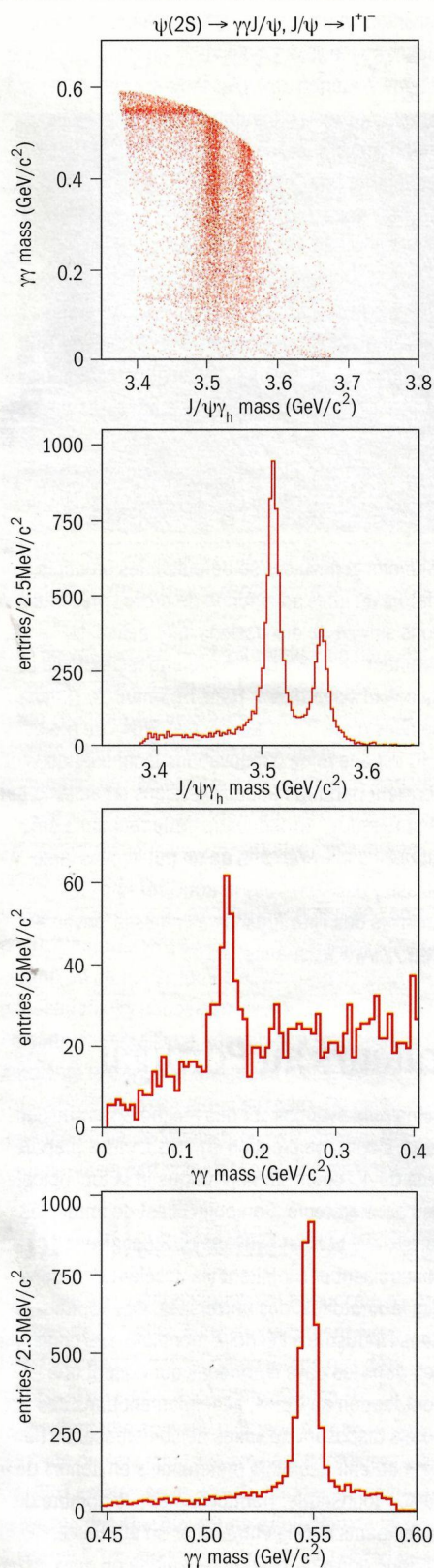
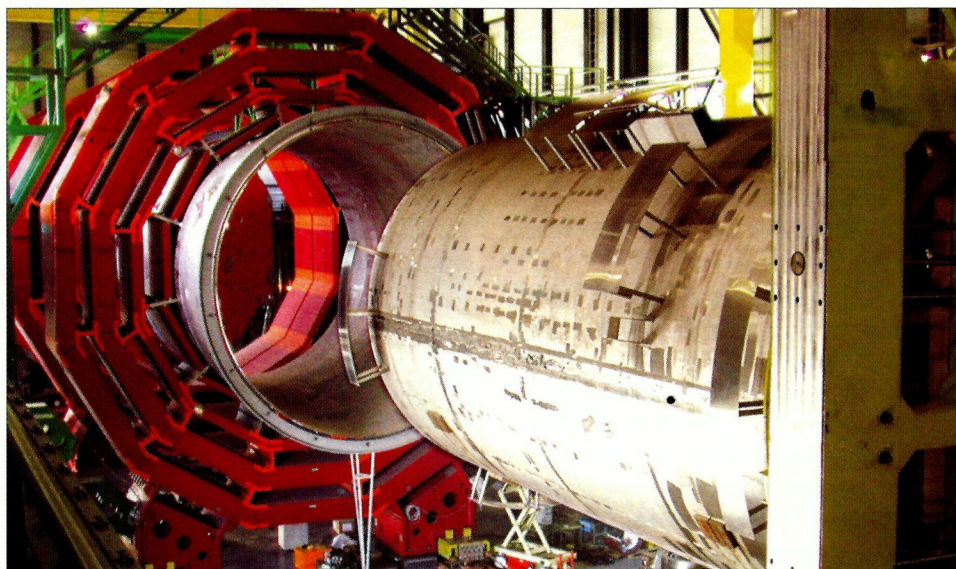


Fig. 2. Sur ce diagramme de dispersion (et ses projections) de la masse de $\gamma\gamma$ en fonction de celle des événements $\gamma J/\psi$ d'impulsion élevée comptant deux g et deux leptons, les bandes horizontales correspondent aux événements $\psi(2S) \rightarrow \pi^0 J/\psi$ et $\eta J/\psi$. Les bandes verticales correspondent à $\psi(2S) \rightarrow \gamma\chi_{c1/2} \chi_{c1/2} \rightarrow \gamma J/\psi$.

CERN

L'assemblage de CMS passe à la phase suivante



On a utilisé pour cette répétition la coque interne de l'enceinte à vide, modifiée pour simuler la bobine, on l'a fait pivoter de la verticale à l'horizontale et on l'a introduite dans la coque extérieure.

L'assemblage du détecteur CMS, le solénoïde compact pour muons, en cours de construction pour l'expérimentation au grand collisionneur de hadrons du CERN, est arrivé à un tournant important en octobre. La culasse de retour du solénoïde supraconducteur de 4 T du détecteur est maintenant complètement assemblée et sa section centrale supporte l'enveloppe extérieure de 7,6 m de diamètre et de 13 m de longueur de l'enceinte à vide du solénoïde. L'attention se porte désormais vers l'installation du solénoïde et des sous-détecteurs.

Tandis que les éléments venant du monde entier arrivent au CERN, une équipe d'assemblage coordonnée par l'EPF Zurich et le CERN s'assure que chaque nouvelle pièce du puzzle rentre soigneusement dans l'emplacement réservé. On prévoit un essai de l'aimant au début de 2005 et d'ici là plusieurs des systèmes des sous-détecteurs de CMS, y compris le calorimètre hadronique et le système des muons, seront en grande partie terminés, câblés et auront été testés.

Jusqu'à présent ce puzzle géant en 3D n'a rencontré que peu de difficultés, en grande partie grâce à l'établissement il y a six ans d'un centre d'ingénierie et d'intégration soutenu conjointement par l'EPFZ et le CERN. L'équipe se compose des concepteurs et des ingénieurs des deux partenaires et elle est complétée par des ingénieurs délégués par les autres instituts de CMS; elle contrôle scrupuleusement l'espace alloué pour chaque sous-système et les zones interdites qui les séparent, assurant ainsi l'intégration harmonieuse

des éléments du détecteur.

Les travaux sur le calorimètre hadronique ont bien progressé, le tonneau est presque terminé et l'absorbeur en bronze du premier calorimètre hadronique des bouchons prend forme graduellement. Les chambres à muons du tonneau et des bouchons ont été installées avec succès pendant l'été et récemment on a également effectué une répétition de l'insertion de la bobine du solénoïde. On a utilisé pour cela la coque interne de l'enceinte à vide, modifiée pour simuler la bobine, on l'a fait pivoter de la verticale à l'horizontale et on l'a introduite dans la coque extérieure. Actuellement on s'intéresse particulièrement au routage et aux connexions des centaines de kilomètres de câbles et des conduites de gaz et d'eau qui alimenteront le détecteur CMS.

L'herméticité étant le mot d'ordre pour obtenir de bonnes performances expérimentales, la construction du détecteur CMS ne peut que s'effectuer avec des tolérances mécaniques sévères si l'on se souvient que dans CMS le C signifie compact. C'est ainsi que les supports des chambres à muons sur les disques de la culasse des bouchons, d'un diamètre de 15 m, sont positionnés avec une précision de 0,2 mm. CMS accorde une grande place à la planification et c'est avec une certaine satisfaction que la collaboration a appris la nouvelle que le comité en charge de surveiller l'installation avait affirmé: "il y a toute raison de croire que le détecteur CMS sera en état de marche pour les premières collisions en avril 2007".

PHYSIQUE THEORIQUE

Des fonds supplémentaires pour l'Institut Perimeter

L'Institut Perimeter de physique théorique du Canada s'est vu attribuer C\$25 millions (€16 millions) par le gouvernement fédéral canadien lors d'une cérémonie d'inauguration des travaux, en juin. Peu après, la province d'Ontario, qui accueillera l'Institut, a annoncé qu'elle lui verserait également C\$15 millions; au total, le nouvel institut bénéficie donc d'un peu plus de C\$54 millions de fonds publics canadiens.

L'Institut Perimeter a été créé en 1999 lorsque Mike Lazaridis, fondateur et directeur général de l'entreprise Research in Motion (RIM), a mis sur pied un comité directeur visant à déterminer la

meilleure façon de procéder pour établir un institut de niveau mondial, consacré à la physique fondamentale, dans la ville canadienne de Waterloo. Ayant visité de nombreux instituts de recherche avancée en physique dans le monde entier, ce comité a conclu que le nouvel institut devrait être indépendant, axé sur la recherche fondamentale, sans programme fixe; il devrait en outre être résident, posséder une structure hiérarchique plate et être doté d'un solide programme de sensibilisation du public.

L'institut est né officiellement le 23 octobre 2000, avec un don de C\$100 millions de Mike

Lazaridis, et un autre de C\$20 millions de deux dirigeants de RIM, Doug Fregin et Jim Balsillie. La ville de Waterloo a gracieusement offert un terrain pour le nouveau bâtiment de l'institut, ainsi que l'hébergement temporaire dans un ancien bâtiment des postes et du trésor public. Fin 2000, un comité consultatif scientifique international composé de huit membres a été constitué, et il a tenu sa première réunion à Waterloo au printemps 2001. Les activités de recherche ont commencé à l'automne 2001, avec une petite équipe de cinq scientifiques et quatre boursiers postdoctoraux en gravité quantique, théorie des cordes, théorie de l'information quantique et informatique quantique. Pour plus d'information sur l'Institut Perimeter, consultez <http://www.perimeterinstitute.com>.

RESEAUX

Le CERN accueille la réunion First Tuesday

First Tuesday Suisse romande, un réseau de forums sur l'innovation et la technologie en Suisse romande, a tenu séance au CERN en septembre. Quelque 250 personnes se sont rendues au laboratoire pour découvrir les derniers développements de la Grille de calcul. Les thèmes couvraient l'évolution de la Grille au CERN et dans l'industrie, l'émergence de la Grille dans le domaine économique et un exemple montrant l'impact de ces technologies dans le domaine médical. Cette

occasion marquait également la décision prise par la société Hewlett Packard de rejoindre le groupement "CERN laboratoire ouvert pour les applications DataGrid", les autres membres de cette collaboration industrielle étant Intel et Enterasys Networks.

Fondé il y a quatre ans, First Tuesday Suisse romande propose des forums pour les entrepreneurs, investisseurs et toutes les personnes intéressées par les nouvelles technologies. Ses

réunions genevoises se déroulent les premiers mardis du mois sous forme de brèves présentations suivies de discussions informelles. Le directeur du CERN du transfert de technologie et du calcul scientifique, Hans Hoffmann, a l'intention de réinviter la First Tuesday au CERN. "Le projet LHC est une mine d'innovations technologiques et convient parfaitement aux sessions organisées par First Tuesday," explique-t-il. Cette réunion a été diffusée sur le Web afin qu'un public plus large puisse y assister. Vous la trouverez dans les archives des First Tuesday à l'adresse suivante: <http://www.rezonance.ch>.

ECOLE

De jeunes physiciens à l'Ecole du CERN sur les accélérateurs au Portugal

En septembre, de jeunes physiciens des accélérateurs ont mis le cap sur Sesimbra, ville côtière du Portugal, pour suivre le cours d'introduction aux accélérateurs de particules de l'Ecole 2002 du CERN sur les accélérateurs. Organisé conjointement par la CAS et le Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas de Lisbonne (LIP), ce cours était consacré aux bases de la physique des accélérateurs et des particules, et il s'est conclu par une série de conférences intitulées "Tout assembler", données par une équipe d'intervenants composée de treize spécialistes européens, choisis pour leur expérience de l'enseignement; l'organisation, quant à elle, a été prise en charge par le CERN et le LIP.

Les étudiants étaient originaires d'un large éventail de pays: 13 venaient d'Allemagne, 12 d'Italie et 12 du Royaume-Uni; la France, le Canada et la Russie ont envoyé trois étudiants chacun, et la Corée du Sud deux. La Belgique, le Brésil, l'Iran, Israël, les Pays-Bas et la Pologne étaient également représentés, de même que le



CERN, avec 25 participants trop "internationaux" pour pouvoir revendiquer une nationalité particulière, mais indubitablement européens. Plus de 60% des étudiants avaient moins de 35 ans, et environ la même proportion possédaient une maîtrise, tandis que moins de 10% d'entre eux étaient titulaires d'un doctorat. Deux tiers provenaient de laboratoires d'accélérateurs et du secteur public, le reste se composant d'étudiants d'université.

La CAS organise un cours d'introduction de ce type une année sur deux, en alternance avec des

cours plus avancés sur des technologies spécialisées. Depuis sa création en 1983, elle a préparé plus de 40 cours sur la physique et la technologie des accélérateurs. Son objectif est de former les physiciens et les ingénieurs qui conçoivent, construisent et exploitent les accélérateurs dans des laboratoires, des universités, des hôpitaux et dans l'industrie à l'échelle mondiale. Les cours ont lieu dans les pays européens qui versent une contribution au CERN, généralement dans des hôtels disposant de salles de conférence, où l'on peut obtenir des tarifs préférentiels en dehors de la saison touristique. Habituellement, le nombre de participants oscille entre 50 et 80 étudiants. Chaque nouvelle session produit un ou deux volumes d'actes, qui sont devenus le principal corpus de documents de référence pour le domaine concerné. Tous les renseignements sur les sessions passées, présentes et futures de l'école CAS sont disponibles à <http://cas.web.cern.ch/cas/>. Edmund J N Wilson, directeur de l'Ecole des accélérateurs du CERN.