

NOUVELLES

SYMETRIES FONDAMENTALES

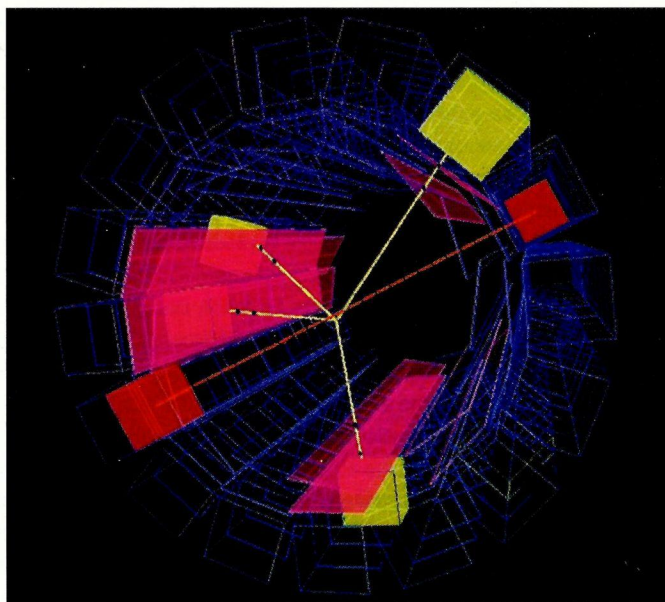
Production d'antiatomes froids au CERN

Les physiciens travaillant au décélérateur d'antiprotons AD du CERN ont annoncé la première production contrôlée d'un grand nombre d'atomes d'antihydrogène de basse énergie. C'est une étape importante sur le chemin de la vérification de la symétrie fondamentale CPT par comparaison de l'hydrogène avec l'antihydrogène.

L'atome d'hydrogène est le plus complètement compris des systèmes atomiques et son premier état excité est fixé avec une précision de $1,8$ sur 10^{14} . L'antihydrogène, par contre, est presque totalement inconnu. Une comparaison des deux systèmes constituerait un test très précis de la symétrie CPT que l'on suppose conservée dans le modèle standard de la physique des particules. CPT combine les opérations de conjugaison de charge, de parité et de renversement du temps. La violation de la combinaison CP est bien établie dans les désintégrations des kaons et des mésons B, mais à ce jour aucune expérience n'a trouvé la moindre preuve que CPT n'est pas conservée dans la nature.

Cette dernière avancée au CERN fait suite à la production d'un petit nombre d'atomes d'antihydrogène rapides au CERN et au laboratoire Fermi des Etats-Unis au milieu des années 90. C'est le résultat de plusieurs années de travaux de développement sur les systèmes de piégeage des antiparticules et de mélange nécessaires pour produire des atomes lents (froids) d'antihydrogène susceptibles d'être eux-mêmes piégés pour une étude approfondie. ATHENA, l'un des deux groupes qui au CERN prévoient d'étudier l'antihydrogène, a produit le premier des atomes froids d'antihydrogène.

Selon le directeur général du CERN, Luciano Maiani: "La production contrôlée d'antihydrogène observée dans ATHENA constitue un grand évé-



La collaboration ATHENA a réalisé la première observation d'atomes d'antihydrogène froids. Les cubes rouges correspondent à la mesure des photons de l'annihilation du positon dans le calorimètre en iodure de césium de l'expérience. Les lignes jaunes correspondent aux particules chargées provenant de l'annihilation de l'antiproton. On les décèle dans les détecteurs au silicium (rose) et les calorimètres (cubes jaunes).

ment technologique et scientifique. Cela d'autant plus qu'ATHENA a produit cet antihydrogène en quantité bien supérieure à nos espérances." Rendant hommage au groupe ATRAP (dont l'expérience vise également à étudier l'antihydrogène), il a déclaré: "Je souhaite rendre hommage à la contribution d'ATRAP qui a été à l'avant-garde de la technologie de piégeage des antiprotons et des positons froids, un pas essentiel vers la découverte actuelle." L'an dernier, la collaboration ATRAP avait la première réussi à utiliser des positons froids pour ralentir les antiprotons.

La collaboration ATHENA, forte de 39 chercheurs de 9 instituts du monde entier, s'est inspirée de ces techniques en y ajoutant un accumulateur de

positons à fort rendement et un puissant détecteur de particules. L'abondance de positons provenant de l'accumulateur, couplée à un détecteur ayant une granularité fine et un bon rejet des bruits de fond, a permis à la collaboration d'observer les premiers signes clairs de l'antihydrogène, et cela en août, ce qui tombait on ne peut mieux pour le 100ème anniversaire de la naissance du théoricien Paul Dirac qui avait prédit à la fin de 1920 l'existence de l'antimatière.

La collaboration ATHENA estime qu'elle avait créé quelque 50 000 atomes d'antihydrogène dans son appareil avant d'annoncer son résultat. Les antiprotons décélérés par l'AD jusqu'à la faible vitesse – pour les normes du CERN – d'un dixième de celle de la lumière, étaient d'abord piégés dans une cage électromagnétique. A chaque impulsion de 2×10^7 antiprotons de l'AD, environ 10 000 d'entre eux étaient piégés. L'étape suivante consistait à les mélanger avec quelque 75 millions de positons froids recueillis lors de la désintégration d'un radionucléide et capturés par un

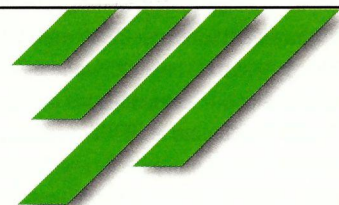
second piège. Finalement, les portes du piège s'ouvraient pour permettre aux antiprotons et aux positons de se mélanger dans un troisième piège. C'est là que se formaient les atomes d'antihydrogène froids.

ATHENA observe les atomes d'antihydrogène lorsqu'ils s'annihilent dans les parois du piège de mélange. L'annihilation du positon donne deux photons que des détecteurs localisent dans l'espace et le temps, de même que les particules chargées provenant de l'annihilation de l'antiproton. Les étapes suivantes consisteront à piéger les atomes d'antihydrogène et à ajouter un système de spectroscopie laser. Alors les études de CPT pourront commencer.



VACUUM VALVES

New 2004 catalogue available: www.vatvalve.com



NOBEL

Le prix Nobel de physique 2002

L'Académie royale suédoise des sciences a décerné cette année le prix Nobel de physique à trois pionniers de l'astrophysique. Raymond Davis Jr et Masatoshi Koshiha partagent une moitié du prix "pour leur contribution d'avant-garde à l'astrophysique, en particulier à la détection des neutrinos cosmiques". L'autre moitié revient à Ricardo Giacconi "pour ses contributions d'avant-garde à l'astrophysique qui ont conduit à la découverte de sources cosmiques de rayons X".

Les neutrinos cosmiques

Wolfgang Pauli avait postulé l'existence des neutrinos en 1930 et l'on doit à Frederick Reines et Clyde Cowan leur première détection au milieu des années 50 à l'aide d'un détecteur placé à proximité d'un réacteur nucléaire. Peu après Ray Davis proposait la construction d'un détecteur souterrain pour rechercher les neutrinos provenant du Soleil. La majorité des réactions dans le Soleil produisent

des neutrinos d'énergie trop basse pour être détectables avec la technologie des années 50, sauf dans le cas d'une réaction relativement rare: la désintégration du bore 8 qui produit des neutrinos allant jusqu'à 15 MeV. Cette énergie suffit pour les rendre détectables par la technique imaginée par Bruno Pontecorvo et Luis Alvarez qui dans les années 50 avaient suggéré qu'ils pourraient interagir avec des atomes de chlore et produire un isotope radioactif de l'argon ayant une vie moyenne de quelque 35 jours. En 1967, Davis avait installé un réservoir rempli de 615 tonnes d'un liquide détachant ordinaire, le tétrachloroéthylène, dans la mine d'or de Homestake au Dakota du Sud, Etats-Unis. Sa formation de chimiste lui avait permis de mettre au point les techniques nécessaires pour extraire toutes les quelques semaines les atomes d'argon afin de les compter – un exploit équivalent à la découverte d'un grain de sable particulier dans le désert du Sahara.

Ce que Davis découvre alors est une surprise: il ne détecte qu'environ la moitié du nombre de neutrinos attendu d'après le modèle standard du Soleil. Cela signifiait que l'expérience était erronée, que le modèle solaire était incorrect ou que quelque chose arrivait aux neutrinos sur leur chemin depuis le Soleil.

L'expérience de Davis a fonctionné en continu de 1967 à 1994 et a reçu en 1987 le renfort de l'énorme détecteur Chérenkov à eau Kamiokande, construit au Japon par une équipe dirigée par Koshiha. Kamiokande devait confirmer la justesse des résultats de Davis et attirer l'attention sur l'hypothèse proposée par Pontecorvo et Vladimir Gribov en 1968 – un an après les premiers résultats de Davis – que les neutrinos oscillent, c'est-à-dire changent de saveur, sur leur trajet depuis le Soleil. Les expériences de Homestake et Kamiokande ne sont l'une et l'autre sensibles qu'aux neutrinos du type électron. Kamiokande offrait la possibilité complémentaire de déterminer la direction des neutrinos incidents, confirmant qu'ils provenaient du Soleil. ▷

MOYEN-ORIENT

SESAME ouvre la voie de la coopération au Moyen-Orient

L'approbation à l'unanimité en juin dernier de SESAME (acronyme anglais pour Rayonnement synchrotron pour les sciences expérimentales et appliquées au Moyen-Orient) par le Conseil exécutif de l'UNESCO concrétise encore davantage ce projet qui vise à construire une source de lumière synchrotron au Moyen-Orient. Le Conseil exécutif a donné son aval à une initiative qu'il définit comme "un modèle à porter à la connaissance des autres régions" et décrit comme le projet par excellence de l'UNESCO.

Le projet SESAME est né en 1997, lors d'un séminaire sur la coopération scientifique au Moyen-Orient (organisé à l'initiative de Sergio Fubini du CERN), à l'occasion duquel Herman Winick du SLAC et Gustav-Adolf Voss de DESY ont proposé d'utiliser des éléments de la machine BESSY 1, qui était implantée à Berlin et devait être retirée du service en 1999, pour qu'elle devienne l'installation centrale d'un nouveau laboratoire au Moyen-Orient (*Courrier CERN* mars 2000 p17). Peu après, un Conseil provisoire a été créé, similaire à celui du CERN, sous les auspices de l'UNESCO. Comme le CERN avant lui, le projet SESAME vise à promouvoir la science et la technologie, mais également et tout aussi important, à contribuer à ramener la paix et la stabilité dans



Le synchrotron BESSY 1 prend la mer en Allemagne à destination d'une nouvelle vie au cœur de SESAME, la source de lumière de troisième génération, en Jordanie.

une région de conflits grâce à la collaboration scientifique. Herwig Schopper, ancien Directeur général du CERN, préside le Conseil provisoire.

En 2000, la Jordanie a été choisie pour accueillir la nouvelle installation (*Courrier CERN* juin 2000 p6). Treize Etats membres du Conseil provisoire se sont engagés à verser annuellement \$50 000 (€50 000) chacun pendant trois ans à compter du 1er janvier 2001 pour des activités préparatoires, le Département d'Etat et le ministère de l'énergie des Etats-Unis contribuant à hauteur de \$200 000.

L'approbation du projet SESAME par le Conseil exécutif de l'UNESCO est une avancée importante

vers son établissement en tant qu'organisation scientifique internationale indépendante. Dès que six Etats membres potentiels auront déposé auprès de l'UNESCO leur accord concernant les statuts du nouveau laboratoire, SESAME deviendra indépendant et le Conseil provisoire laissera la place à un organe de tutelle, calqué là encore sur celui du CERN.

A ce jour, l'Autorité palestinienne, l'Etat de Bahreïn, l'Iran, la Jordanie et la Turquie ont officiellement décidé d'adhérer à SESAME. Les autres membres du Conseil provisoire sont l'Egypte, les Emirats arabes unis, la Grèce, Israël, le Maroc, le sultanat d'Oman et le Pakistan. L'Arménie et Chypre ont abandonné leur statut initial de membres du Conseil provisoire pour celui d'observateurs. L'Arménie a changé de statut lorsqu'elle a décidé de construire sa propre source de lumière (*Courrier CERN* octobre p7). Les autres Etats observateurs sont l'Allemagne, les Etats-Unis, la Fédération de Russie, la France, l'Italie, le Japon, le Koweït, le Royaume-Uni, le Soudan et la Suède. Le Koweït a fait savoir qu'il souhaitait devenir membre de plein exercice de SESAME.

Alors que la machine était initialement conçue pour opérer à 1 GeV, le Conseil provisoire a déjà approuvé des plans présentés par le directeur ▷

Koshiba devait ensuite construire une plus grande expérience, SuperKamiokande, qui a observé des preuves des oscillations des neutrinos, ces derniers étant produits dans l'atmosphère par les rayons cosmiques. L'oscillation des neutrinos solaires a depuis été confirmée par l'observatoire des neutrinos de Sudbury au Canada (*Courrier CERN* juin p5).

Les sources de rayons X

Ce n'est qu'en 1949 que l'astronomie des rayons X devait prendre son essor. L'atmosphère terrestre absorbe presque totalement les rayons X d'origine cosmique et ce n'est que dans les années 40 que la technologie des fusées avança suffisamment pour permettre à Herbert Friedman et ses collègues de lancer des détecteurs à une altitude suffisante pour réaliser des mesures valables. Ces expériences allaient montrer que les rayons X proviennent des taches solaires et des zones d'éruption à la surface du Soleil ainsi que de la couronne solaire. Leurs observations cependant se confinaient au système solaire.

Quand en juin 1962 Giacconi et son groupe ont lancé à bord d'une fusée un instrument formé de trois compteurs Geiger et muni de hublots d'épaisseur variable, ils ont pu les premiers observer une source de rayons X située au delà du système solaire. Conçue pour voir si la Lune émettait des rayons X sous l'influence du Soleil, l'expérience devait au lieu de cela découvrir une source beaucoup plus éloignée et observer un bruit de fond uniforme de rayons X. Ces découvertes ont donné une grande impulsion au développement de l'astronomie des rayons X. La première source identifiée à un objet visible allait être X-1 du Scorpion; parmi les autres sources importantes on trouve les étoiles X-1, X-2 et X-3 du Cygne. Il allait s'avérer que la plupart sont des systèmes binaires dans lesquels une étoile visible est en orbite autour d'un objet compact dense comme une étoile à neutrons ou un trou noir. Du fait de la brièveté du vol des fusées, les études détaillées étaient cependant difficiles, de sorte que Giacconi devait proposer la construction du satellite UHURU, lancé en 1970. Il était 10 fois plus sensible que

les expériences en fusée et il allait être suivi par l'observatoire Einstein des rayons X – le premier télescope à rayons X capable de produire des images "piquées" aux longueurs d'onde des rayons X. La dernière en date des prouesses de Giacconi s'appelle Chandra, un observatoire nommé d'après l'astrophysicien Subrahmanyan Chandrasekhar. Mis en route par Giacconi en 1976, Chandra a été lancé en 1999 et a fourni des images remarquables de l'univers en rayons X.

Les travaux d'avant-garde de Giacconi en astronomie des rayons X ont changé notre vision de l'univers. Il y a 50 ans l'univers apparaissait essentiellement comme un système en équilibre. Aujourd'hui nous savons qu'il est également le théâtre de changements extrêmement rapides dans lesquels des phénomènes d'une durée inférieure à la seconde émettent des quantités énormes d'énergie et cela à partir d'objets à peine plus grands que la Terre. Les études de ces phénomènes, et des parties centrales des cœurs actifs des galaxies, sont largement basées sur les données de l'astronomie des rayons X.

technique Dieter Einfeld pour faire passer l'énergie de BESSY 1 de 0,8 GeV à 2 GeV (SESAME), donnant ainsi naissance à une troisième génération de source de lumière avec 13 positions pour des dispositifs d'insertion. Des comités consultatifs ont été désignés et des progrès notables ont été réalisés en juin lorsque la machine BESSY 1 a pris la mer en Allemagne en direction du port d'Al-Aqabe en Jordanie. Huit millions d'euros ont été demandés à l'Union européenne (UE) pour installer et transformer la machine. Un comité d'évaluation a soumis un rapport à l'UE, qui n'a pas encore été rendu public.

Un séminaire, organisé et financé par la Société japonaise pour la promotion de la science, s'est déroulé à Amman, capitale de la Jordanie, en octobre afin d'examiner le programme scientifique, notamment les premières lignes de faisceaux. Plusieurs laboratoires ont offert des équipements de lignes de faisceaux et un appui financier est recherché auprès de l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne et d'organismes américains. Entre temps, le gouvernement jordanien a accepté de financer le bâtiment qui abritera le centre sur le campus de l'université de sciences appliquées Al-Balqa à Allan, à 30 km d'Amman. Une cérémonie d'inauguration est prévue le 6 janvier 2003, en présence du roi de Jordanie, SM Abdallah II, et du Directeur général de l'UNESCO, Koichiro Matsuura.

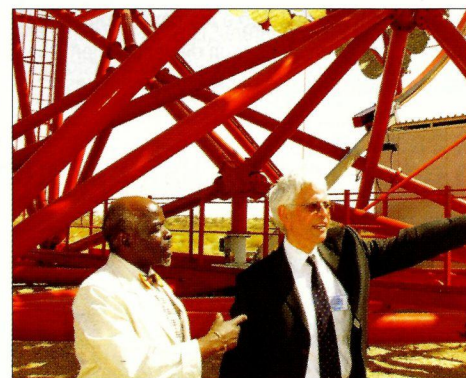
ASTROPHYSIQUE

Une installation à rayons gamma inaugurée en Namibie

Le premier télescope du système HESS (high-energy stereoscopic system, système stéréoscopique de haute énergie), dénomination choisie en l'honneur de Victor Hess, à qui l'on doit la découverte du rayonnement cosmique, a été inauguré officiellement en Namibie en septembre. HESS est un système de grands télescopes Cherenkov destinés à l'astrophysique des rayons gamma de haute énergie.

En janvier 1998, la collaboration HESS avait retenu la région de Gamsberg en Namibie comme un emplacement idéal pour un observatoire de rayons gamma de haute énergie. Avec l'appui du gouvernement namibien et des propriétaires fonciers locaux, la construction commença en 1999. Le projet HESS a été conçu dès l'origine comme un projet en deux étapes, avec l'installation de quatre télescopes dans la phase initiale et de douze autres télescopes identiques par la suite. Le premier télescope est entré en service cet été, et la première étape devrait être achevée en 2004. Les options pour la deuxième étape sont actuellement à l'étude.

L'expérience HESS a pour objet de déterminer les origines des rayons cosmiques de haute énergie par l'étude des rayons gamma cosmiques d'une énergie comprise entre quelque 100 GeV et plusieurs TeV. Bien que Hess ait commencé en 1911 les travaux qui conduisirent à la découverte



Werner Hofmann de la collaboration HESS (à droite) parle de la technologie des télescopes avec le ministre namibien de l'enseignement supérieur, de la formation et de la création d'emploi, Nahas Angula, lors de l'inauguration du premier télescope HESS. (collaboration HESS.)

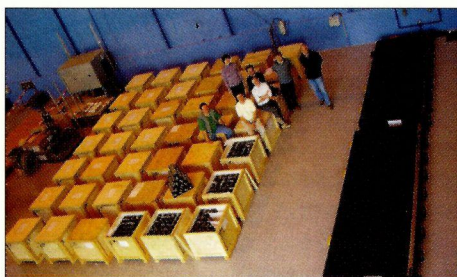
des rayons cosmiques, on en sait toujours très peu sur l'origine de ces derniers. La plupart des rayons cosmiques primaires sont des noyaux atomiques dont les trajectoires dans l'espace sont influencées par les champs magnétiques interstellaires et intergalactiques. En revanche, comme les rayons gamma ne sont pas affectés par ces champs, leur détection renseignera exactement sur leur source.

CERN

LHCb reçoit des équipements de Russie

La collaboration LHCb, qui se consacrera à l'étude de la violation de CP dans les désintégrations de mésons B en utilisant le futur Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, a reçu de Russie les premiers éléments de son système de calorimétrie. Les 1200 premiers des 3300 modules du calorimètre électromagnétique (ECAL) et les deux premiers des 52 modules du calorimètre hadronique (HCAL) ont été livrés au CERN en septembre. Les modules d'ECAL, du type dit "brochette" (plomb et scintillateur alternés), sont produits par l'Institut de physique théorique et expérimentale de Russie en collaboration avec le CERN. C'est l'Institut de Physique des hautes énergies de Protvino qui a la responsabilité du calorimètre à carreaux HCAL, auquel contribuent également l'Institut national Horia Hulubei de physique et de génie nucléaire de Bucarest (Roumanie), l'Institut de physique et de technologie de Kharkiv (Ukraine) et le CERN. La production en série d'un détecteur de pieds de gerbes est en préparation à l'Institut de recherche nucléaire de Moscou. Enfin, l'électronique rapide de lecture à 40 MHz du calorimètre est confiée à des groupes français (Annecy, LAL Orsay et Clermont-Ferrand) et espagnols (Barcelone).

Le calorimètre de LHCb a été conçu pour la rapidité, car il servira pour un déclenchement sur les collisions produites par le croisement des



Des membres de la collaboration LHCb commencent ici, en septembre, à déballer les 1200 premiers modules de leur calorimètre ECAL. A droite, les deux premiers arrivés des 52 modules du calorimètre HCAL.

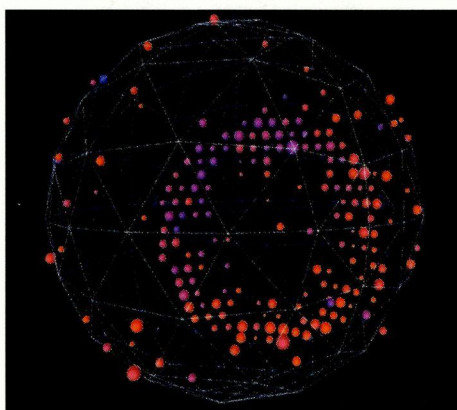
paquets dans le LHC à une fréquence de 40 MHz. Ces trois sous-détecteurs, le compteur de pieds de gerbes, ECAL et HCAL, sont constitués de scintillateurs rapides à lecture par fibres à décalage spectral. Le détecteur HCAL, qui servira exclusivement au déclenchement, utilise le fer comme milieu passif, et le détecteur ECAL le plomb. ECAL participe aussi au déclenchement, mais il aura également comme importante fonction de reconstruire les pions neutres et les photons issus des désintégrations de mésons B. La production continuera à raison de dix modules d'ECAL par jour et d'un module de HCAL toutes les deux semaines.

NEUTRINOS

MiniBOONE en direct du Laboratoire Fermi

L'expérience MiniBOONE au Laboratoire Fermi (Etats-Unis) a observé ses premiers neutrinos en septembre. Conçue pour mettre à l'épreuve le résultat controversé sur les oscillations neutrino de l'expérience LSND de Los Alamos, qui constitue à ce jour le seul signal d'oscillation observé à l'aide d'un accélérateur, l'expérience recueillera des données pendant deux ans, permettant ainsi à la collaboration MiniBOONE d'étudier avec une sensibilité élevée l'ensemble du domaine accessible à LSND.

Le résultat de LSND demeure controversé dans la mesure où il est difficile à concilier avec les résultats sur les oscillations neutrino du Superkamiokande au Japon et de l'Observatoire de neutrinos de Sudbury au Canada sans invoquer l'existence d'un nouveau type de neutrino. S'il devait être confirmé, la théorie actuelle des particules devrait être entièrement repensée. Si le



Cet anneau de phototubes lumineux à l'intérieur du détecteur MiniBOONE indique la collision d'un neutrino du muon avec un noyau atomique dans l'huile minérale qui remplit le détecteur. (Services média visuels du Laboratoire Fermi.)

résultat du LSND s'avère exact, MiniBOONE pense pouvoir observer un millier de neutrinos de l'électron dans le faisceau pur de neutrinos du muon au cours des deux prochaines années.

INFORMATIQUE

ALICE développe la technologie des grilles

ALICE, une expérience en cours de préparation pour le Grand collisionneur de hadrons du CERN, a mis au point l'environnement de production d'ALICE (AliEn) qui met en œuvre un grand nombre d'éléments des technologies des grilles de calcul qui seront nécessaires pour analyser les données de cette expérience. Grâce à AliEn, les centres de calcul qui participent à ALICE peuvent être considérés et utilisés comme une seule et même entité: n'importe quel nœud disponible exécute les tâches et l'accès aux fichiers est transparent à l'utilisateur quel que soit l'endroit au monde où ces fichiers sont situés.

Pour AliEn, la Collaboration ALICE a adopté les derniers standards Internet pour l'échange d'informations (Services Web), ainsi que des protocoles d'authentification et de sécurité puissants basés sur des certificats. Le système est bâti autour d'éléments libres et fournit une mise en œuvre d'un système de grille applicable aux cas où il faut traiter de nombreux fichiers en lecture seule décentralisés.

L'objectif d'AliEn est d'offrir aux chercheurs d'ALICE une interface stable pendant toute la durée de l'expérience (plus de 20 ans). Au fil des progrès dans la définition des normes et de l'interopérabilité des grilles, AliEn sera progressivement couplé à de nouveaux produits mis au point en Europe comme aux Etats-Unis. En outre, il n'est pas spécifique à ALICE et a déjà été adopté par le projet MammoGrid (soutenu par l'Union européenne), qui vise à créer une base de données paneuropéenne sur les mammogrammes.

ALICE utilise actuellement le système de production décentralisée de données de Monte Carlo sur plus de 30 sites implantés sur quatre continents. L'année passée, plus de 15 000 tâches ont été exécutées dans le monde entier sous le contrôle d'AliEn, totalisant 25 ans de temps processeur et produisant plus de 20 Toctets de données. Des informations sur AliEn sont disponibles à <http://alien.cern.ch>.

Dépêche électronique

Le Laboratoire Fermi et le SLAC ont annoncé le lancement en septembre d'une dépêche électronique pour la physique des hautes énergies et les disciplines connexes. Disponible à l'adresse <http://www.interactions.org/>, cette dépêche est le premier élément d'un service qui vise à regrouper sur un seul et même site Web les informations en provenance des laboratoires de physique des particules du monde entier.