

CERN

Transfert des dipôles vers l'industrie

Le dernier aimant dipolaire assemblé au CERN pour le futur grand collisionneur de hadrons (LHC) a quitté le laboratoire le 18 décembre, mettant un terme à l'une des phases de la construction du nouvel accélérateur. Désormais tous les dipôles du LHC seront construits entièrement par l'industrie.

Le LHC utilisera 1248 dipôles supraconducteurs pour maintenir les faisceaux de protons sur leur orbite. Produisant une induction d'exploitation allant jusqu'à 8,33 Tesla, ils figurent parmi les éléments du LHC qui présentent les plus grandes difficultés techniques. Un programme intensif sur prototypes avait pris fin en 2000 quand un contrat pour 30 aimants avait été passé avec chacun des trois fournisseurs potentiels. Depuis les bobines frettées de ces aimants arrivaient les unes après les autres au CERN pour y être assemblées en masses froides. Les premières masses froides des trois fournisseurs ont été montées, soudées et achevées



Le personnel du CERN et d'Ansaldo pose devant le dernier dipôle LHC assemblé au CERN avant son départ du Laboratoire vers l'entreprise italienne.

à l'installation d'assemblage des aimants du CERN, tandis que les suivantes ont été assemblées et soudées au CERN puis retournées aux fournisseurs pour la finition. Du personnel de ces firmes avait été détaché au CERN qui les a formés à cette tâche.

Le CERN a mis au point un processus automa-

tique original pour souder les deux demi-cylindres de 15 m de longueur de chacune des masses froides des aimants. Il garantira la qualité, la précision et l'homogénéité requises. Jusqu'à présent, une seule presse hydraulique installée au CERN a été utilisée. Maintenant que la technique a été perfectionnée, le laboratoire a investi dans trois autres presses, une pour chacun des fournisseurs construisant les aimants. La première presse à devenir opérationnelle a été celle du groupement français Alstom-Jeumont où un aimant a été assemblé, complètement soudé et terminé à la fin de 2001. Les

autres sont entrées en action chez Noell (Allemagne) et Ansaldo (Italie) en début d'année.

A la suite de l'approbation du contrat pour les aimants dipolaires par le Conseil du CERN en décembre dernier (Courrier CERN janvier/février p4) le calendrier de production définitif est maintenant en discussion avec les fournisseurs.

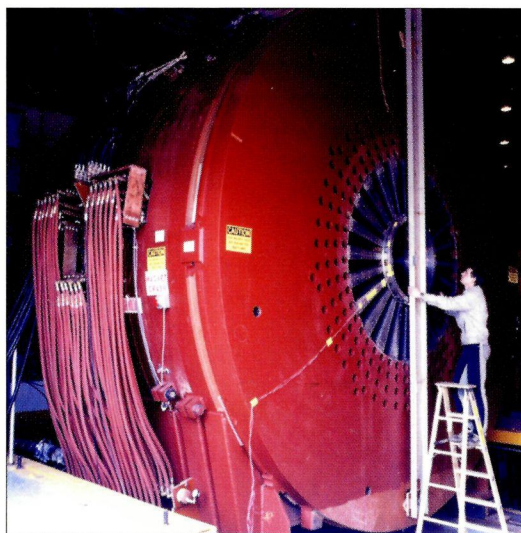
BROOKHAVEN

Les désintégrations rares sondent le modèle standard

Une expérience au laboratoire Brookhaven sur Long Island vient juste d'apporter un résultat attendu de longue date: l'observation de ce qui n'est que la deuxième désintégration d'un kaon positif en un pion positif accompagné d'un neutrino et d'un antineutrino.

L'expérience E787 au synchrotron à gradients alternés (AGS) du laboratoire a commencé il y a 12 ans dans le but de détecter cette désintégration extrêmement rare du kaon. Une première observation avait été annoncée il y a quatre ans et depuis 6 mille milliards d'événements ont été analysés en quête d'une confirmation.

Le modèle standard de la physique des particules interdit la désintégration directe du kaon positif en pion positif, elle ne peut se faire qu'en deux étapes par l'intermédiaire des bosons de jauge massifs, c'est pourquoi



A la poursuite des désintégrations rares: l'expérience E787 à Brookhaven. (Brookhaven National Laboratory).

elle est si rare.

D'après la théorie cette désintégration en deux étapes devrait se produire seulement quelques fois par centaine de milliards de désintégrations du kaon. Comme l'incertitude théorique sur les désintégrations rares du kaon est très petite, leur mesure constitue un test important du modèle standard ainsi qu'une indication très sensible d'une physique nouvelle.

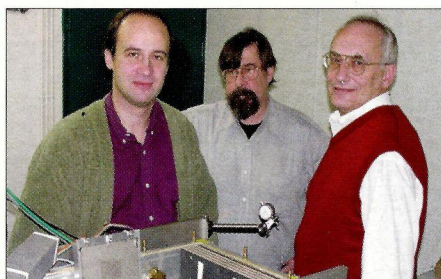
Une nouvelle collaboration, appelée KOPIO, s'est formé autour du noyau de E787 pour étudier une autre désintégration rare du kaon: celle du kaon neutre à vie longue en pion neutre accompagné d'une paire de neutrinos. KOPIO a déjà obtenu le soutien du Canada et du Japon et attend l'approbation du congrès des Etats-Unis pour un financement à travers la National Science Foundation.

GRENOBLE

La gravité quantique discernable dans le froid

La gravitation et la mécanique quantique se mélangent rarement dans le monde des laboratoires. La faiblesse de l'interaction gravitationnelle rend difficile la mesure de ses effets au niveau quantique. Pourtant, des chercheurs de l'Institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble viennent d'observer des effets quantiques de la pesanteur sur des neutrons ultrafroids piégés par le champ gravitationnel terrestre. Leur technique consiste à faire rebondir des neutrons sur une surface réfléchissante et à observer que les hauteurs de rebond ne prennent que des valeurs discrètes.

La clé de l'expérience a été l'utilisation des neutrons ultrafroids du réacteur de l'ILL. Normalement les neutrons sont absorbés ou transmis, ils ne rebondissent pas, sauf s'ils frappent une surface sous incidence vraiment rasante. En tirant leurs neutrons avec une vitesse inférieure à 8 cm/s au-dessus d'un miroir horizontal, les chercheurs de l'ILL ont réussi à réduire la composante verticale de la vitesse des neutrons tombant sous l'effet de la pesanteur à seulement 1,7 cm/s. Ces neutrons ont rebondi tout au long du miroir,



Etats quantiques: une équipe comprenant (de gauche à droite) Valéry Nesvizhevsky, Hans Boerner et Alexander Petukhov, qui posent ici auprès de leur appareil, a observé la quantisation de l'énergie dans un champ gravitationnel.

faisant des ricochets comme des galets plats sur un étang avant d'être capturés dans un détecteur à l'extrémité du miroir. Un absorbeur de neutrons mobile, positionné à différentes hauteurs au-dessus du miroir, a permis aux chercheurs d'identifier l'énergie minimum pour des neutrons traversant leur appareil.

L'appareil de l'ILL se comportait comme un piège à neutrons, limité en dessous par le miroir et au dessus par la pesanteur. Conformément à la mécanique quantique, les neutrons doivent occuper dans un tel piège des niveaux d'énergie gravitationnelle discrets, tout comme les électrons piégés par les noyaux occupent des niveaux d'énergie électromagnétique discrets.

Ce résultat montre que l'énergie la plus basse s'élève à $1,41 \times 10^{-12}$ eV. Pour comparaison, l'énergie minimum d'un électron dans un atome d'hydrogène est de 13,6 eV, ce qui montre clairement pourquoi la quantisation de l'énergie dans un potentiel gravitationnel n'a pas été observée plus tôt.

L'étape suivante consistera à utiliser un faisceau plus intense et un piège équipé de miroirs sur tous les côtés pour allonger la durée du piégeage et ainsi améliorer la résolution de l'appareil. Cela permettra des tests de précision de l'équivalence entre les masses gravitationnelle et inertielle.

Pour en savoir plus

Nesvizhevsky et al. *Nature* **415** 297.

NEUTRINOS

Annnonce d'une double désintégration bêta sans neutrino

Des chercheurs de l'Institut Max Planck de physique nucléaire à Heidelberg, Allemagne, font part de preuves recueillies sur la double désintégration bêta sans neutrino. C'est le résultat d'une très longue expérience Heidelberg-Moscou sur ce sujet dans le laboratoire souterrain italien du Gran Sasso. Cette désintégration viole la conservation du nombre leptonique, un dogme fondamental de la physique des particules, et sa confirmation aurait de profondes conséquences dans ce domaine.

Selon le modèle accepté de la physique des particules, les neutrinos sont différents des anti-neutrinos. La désintégration bêta se produit en transformant un neutron en un proton avec émission d'un neutrino et d'un électron. Cependant, si le neutrino est sa propre antiparticule, un processus nettement plus exotique devient possible.



L'expérience de double désintégration bêta sans neutrino de Heidelberg-Moscou dans le laboratoire du Gran Sasso.

Dans ce cas, lorsque deux désintégrations de neutrons se succèdent, le neutrino émis dans la première peut être absorbé dans la seconde. Deux électrons émergeraient alors du noyau, sans neu-

trino, laissant un noyau qui contient deux protons de plus qu'à l'origine.

Dans le dernier article de la collaboration Heidelberg-Moscou (2001 *Modern Physics Letters A* **16** (37) 2409-2420) les auteurs affirment détenir des preuves de la double désintégration bêta sans neutrino avec une vie moyenne proche de $1,5 \times 10^{25}$ ans sur la base de 10 années d'observation d'un échantillon enrichi en germanium 76. Ce résultat serait compatible avec une masse du neutrino proche de 0,4 eV, difficilement conciliable avec les résultats des autres expériences sur la masse du neutrino et nécessiterait une explication très particulière pour ces masses. Un numéro antérieur du *Courrier CERN* (janvier/février 2000 p8) avait annoncé la limite précédemment obtenue dans cette expérience.

VAT

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

RAYONS COSMIQUES

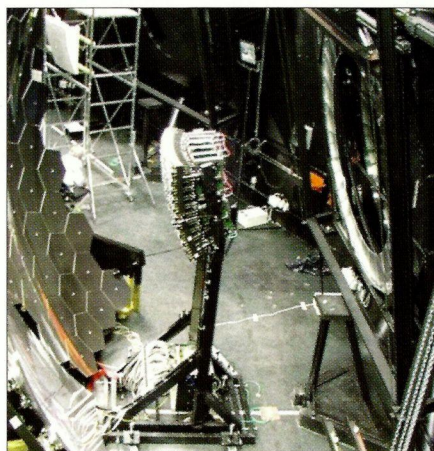
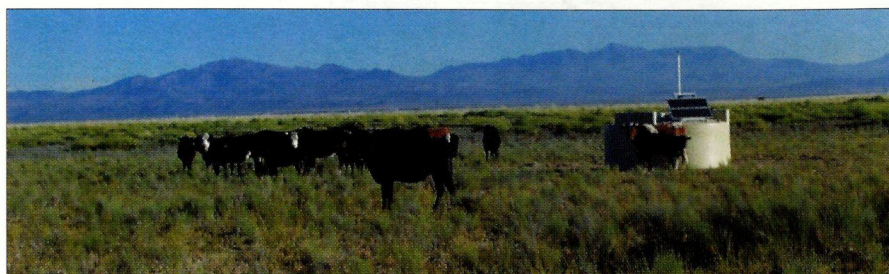
L'Observatoire Pierre Auger en action

Par une nuit froide et claire du mois de mai dernier, le diaphragme s'ouvrit. Le télescope à fluorescence de l'Observatoire Pierre Auger, achevé tout récemment, dominait maintenant la vaste étendue de la pampa argentine. Les expérimentateurs mirent les tubes photomultiplicateurs sous tension, et quelques instants plus tard, ils virent apparaître sur les écrans leur première grande gerbe atmosphérique due à un rayon cosmique. Ces images magnifiques, presque sans bruit de fond, représentaient une étape importante pour la collaboration Auger dans son étude des mystères des rayons cosmiques les plus énergétiques.

Sept mois plus tard, un événement encore plus spectaculaire démontrait la puissance incomparable de l'Observatoire Auger. A ce moment, les premiers détecteurs de particules d'un vaste réseau de surface fonctionnaient. Avant l'aube, le 8 décembre, le détecteur à fluorescence et le réseau de surface enregistrèrent une seule gerbe, une cascade de particules qui avait grossi dans l'atmosphère et arrosé les instruments au sol. Les données, recueillies grâce à deux techniques très différentes mais complémentaires, furent transmises à des collaborateurs dans le monde entier. Elles démontraient indubitablement que les détecteurs et les systèmes de déclenchement, de chronométrie, de communication et d'acquisition de données fonctionnaient comme prévu.

Cependant, les réjouissances furent de courte durée. Il restait en effet à accomplir la lourde tâche de déployer 1600 stations de détection de surface sur 3000 km² de pampa, ainsi qu'un total de 30 télescopes à fluorescence pour seconder ce réseau. Une telle étendue est nécessaire pour recueillir suffisamment d'événements de rayons cosmiques d'énergie ultra-haute et étudier leur origine. A ces énergies, les rayons cosmiques sont extrêmement rares. Au-dessus de 10¹⁹ eV, il n'en arrive qu'un seul par kilomètre carré, par stéradian et par an. Au-dessus de 10²⁰ eV, on ne reçoit qu'une particule par kilomètre carré, par stéradian et par siècle.

La recherche de la source des rayons cosmiques les plus énergétiques est l'un des problèmes les plus intéressants de l'astrophysique. Après la découverte du fond cosmologique diffus en 1965, Greisen et, indépendamment, Zatsepin et Kuzmin comprirent que ce fond rendrait l'espace opaque aux rayons cosmiques de très haute énergie. Néanmoins, au cours des 30 dernières années,



En haut: des vaches curieuses inspectent une station de détection de surface Auger dans la Pampa Amarilla. A gauche: un télescope à fluorescence d'Auger. On voit le miroir sur la gauche, la caméra au centre et le diaphragme à droite. L'Observatoire Auger associe des détecteurs à fluorescence et un réseau de grande surface.

plusieurs dizaines d'événements ont été enregistrés à des énergies supérieures à la coupure GZK (Greisen, Zatsepin, Kuzmin), qui s'instaure vers environ 5×10^{19} eV, et quelques-unes même au-delà de 10²⁰ eV. Aucun processus cosmique d'accélération permettant d'atteindre ces énergies n'est connu. En raison de la coupure GZK, ces particules doivent venir de près, c'est-à-dire de moins d'une cinquantaine de mégaparsecs. Pourtant, même si les trajectoires des particules à cette énergie ne sont que légèrement déviées par les champs magnétiques galactiques et extragalactiques, aucune ne pointe clairement vers une source suffisamment violente pour être candidate.

Les deux techniques actuelles de détection des rayons cosmiques utilisent l'atmosphère terrestre, un calorimètre d'une remarquable efficacité pour capter l'énorme énergie de ces particules. Le dispositif traditionnellement employé est un réseau de détecteurs de particules qui mesurent l'ionisation dans un scintillateur plastique, ou la lumière Chérenkov dans une cuve remplie d'eau. L'autre technique a été mise au point dans les années 80 par un groupe mené par l'université de l'Utah. Ce groupe avait utilisé un ensemble de télescopes fixes dans son détecteur "œil de mouche" pour

enregistrer le développement des gerbes en recueillant la faible fluorescence produite par leur passage à travers l'atmosphère. Chacune de ces techniques a ses points forts et ses limites. Dans le réseau de surface, on doit comparer la distribution de densité de la gerbe avec les simulations pour en déterminer l'énergie. Par contre, ce réseau de surface présente une ouverture bien définie et peut mesurer plusieurs caractéristiques de la gerbe. La densité de la gerbe, les composantes électromagnétique et muonique, la forme du front de la gerbe et sa structure temporelle sont toutes utiles pour déterminer la composition des particules primaires. Le détecteur à fluorescence enregistre le développement de la gerbe et effectue ainsi une mesure de l'énergie de type calorimétrique, plus précise. Cependant, il ne peut être utilisé que par nuit noire, et il suppose un étalonnage très rigoureux et la connaissance de l'atténuation de la lumière dans l'atmosphère. L'Observatoire Auger allie les avantages des deux techniques.

Actuellement, deux détecteurs des très grandes gerbes atmosphériques des rayons cosmiques fonctionnent. Le réseau de surface AGASA, près d'Akeno (Japon), recueille des données depuis une vingtaine d'années. L'autre instrument est le détecteur à fluorescence haute résolution "œil de mouche" installé dans l'Utah (Etats-Unis). Bien que les données enregistrées par les deux expériences semblent concorder à de nombreux égards, de récents résultats montrent des différences de forme significatives à l'extrémité supérieure du spectre d'énergie. Au cours des prochaines années,

l'Observatoire Auger devrait pouvoir éclaircir ces différences en utilisant la puissance de son système hybride de détecteurs pour enregistrer un grand nombre d'événements autour de la coupure GZK.

Cet observatoire possède d'autres caractéristiques nouvelles et importantes. Le télescope à fluorescence utilise une optique Schmidt qui, grâce à son diaphragme et sa lentille de correction, permet de recueillir davantage de lumière et de réduire l'aberration de coma grâce à un miroir sphérique. Ce diaphragme est scellé par une fenêtre qui sert également de filtre UV qui sélectionne les raies de fluorescence de l'azote. De la sorte, la caméra, le miroir et tout l'équipement électronique sont contenus dans un environnement propre et contrôlé.

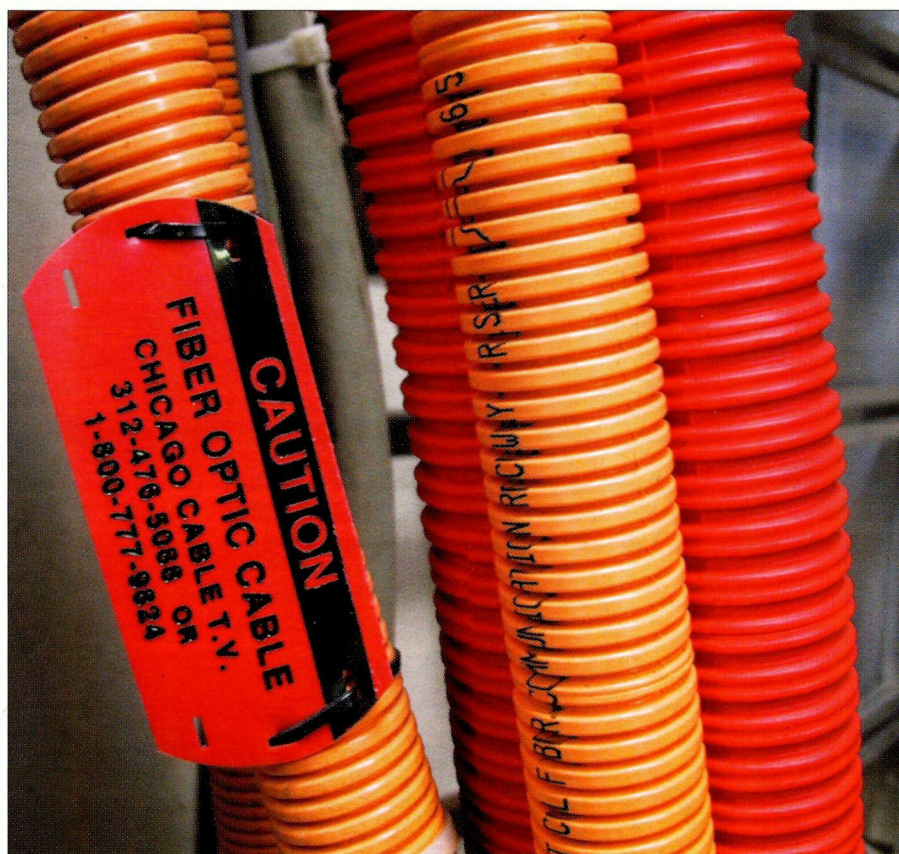
Les stations de surface sont des détecteurs Chérenkov contenant 10 000 litres d'eau, équipés chacun de trois photomultiplicateurs hémisphériques de 220 mm. Chaque station est autonome et possède en propre un module de traitement des données, un émetteur-récepteur et une alimentation électrique solaire. Des déclencheurs d'événements signalent la possible arrivée d'une grande gerbe. Puis, ces signaux sont transmis par radio au système central d'acquisition des données qui les examine pour sélectionner les événements intéressants.

Le système central d'acquisition des données est situé sur le campus Auger, à la limite du réseau, dans la ville de Malargüe. Le campus comprend également le bâtiment d'assemblage des détecteurs, avec des ateliers d'électronique et de mécanique, ainsi qu'une station de purification de l'eau. Outre le système d'acquisition des données, l'élégant nouveau bâtiment du centre Auger comporte des bureaux pour le personnel et les collaborateurs de l'Observatoire, ainsi qu'un centre d'exposition. Les scientifiques et les ingénieurs de 50 instituts de 18 pays qui travaillent à l'Observatoire ont commencé à se sentir chez eux, à Malargüe. Lors de l'inauguration du nouveau bâtiment administratif, le gouverneur de la province, le maire et une centaine d'habitants de la ville sont venus écouter des discours et visiter les bâtiments.

Fin octobre, un comité d'examen international présidé par Werner Hoffman, de l'Institut Max Planck de Heidelberg (Allemagne), s'est réuni à l'Observatoire Auger pour évaluer ses progrès. Son rapport a ensuite été transmis au Conseil des finances du projet Auger, à Washington, qui a voté l'achèvement du projet. La collaboration espère terminer la construction de l'observatoire d'ici fin 2004.

RESEAUX

Nouvelle liaison de données à haut débit entre le CERN et les Etats-Unis



Câbles optiques au nœud d'interconnexion Internet StarLight™, à Chicago. StarLight est l'infrastructure optique en cours de développement de STAR TAP™, un point d'interconnexion international financé par la National Science Foundation et qui relie les réseaux de pointe de la recherche et des universités. (Laboratoire de visualisation électronique, Université de l'Illinois, Chicago.)

Le développement de la collaboration internationale dans les sciences a été illustrée en décembre dernier par l'attribution d'un contrat au fournisseur de services de télécommunication néerlandais KPNQuest pour la mise en place d'une nouvelle liaison transatlantique de données à haut débit de 622 Mbps, qui remplacera les deux liaisons à 155 Mbps existantes.

Cette nouvelle liaison, qui reliera le CERN à StarLight™ – l'infrastructure optique du nœud d'interconnexion STAR TAP™ de Chicago – sera financée par un groupement réunissant l'IN2P3 (Institut national français de physique nucléaire et de physique des particules), le ministère de l'énergie et la National Science Foundation des Etats-Unis, la communauté des physiciens des

hautes énergies du Canada, l'Organisation mondiale de la santé et le CERN. Les utilisateurs scientifiques des réseaux transatlantiques devraient commencer à remarquer les avantages de cette liaison dès avril 2002.

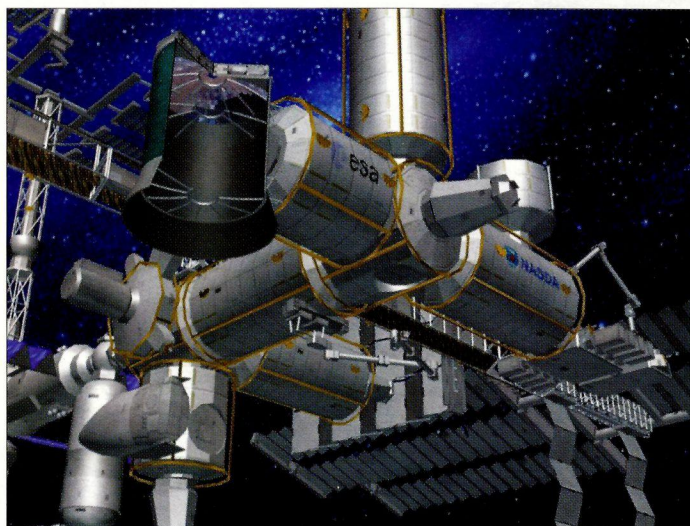
Une seconde liaison à très hautes performances fonctionnant à 2,5 Gbps, qui relierait également le CERN à StarLight™, devrait bientôt faire l'objet d'une commande dans le cadre du projet DataTAG financé par l'Union européenne (recherche et développement technologique pour une Grille transatlantique), en collaboration avec le ministère de l'énergie des Etats-Unis et la National Science Foundation. Elle formera un "barreau" important du réseau de Grille de calcul du Grand collisionneur de hadrons (*Courrier CERN* novembre 2001 p5).

EUSO

Une mission ESA étudiera les énergies ultimes

Parmi les projets à long terme, l'Observatoire spatial de l'Univers extrême (EUSO) de l'ESA prend place au côté de l'Observatoire Pierre Auger (p6), et il est prévu de l'embarquer sur la station spatiale internationale à partir de 2008. Equipé d'un télescope à grand angle sensible aux ultraviolets, la station EUSO pointera vers le sol, quelque 400 km plus bas, pour détecter la fluorescence engendrée par les rayons cosmiques, en particulier autour de la coupure de GZK (Greisen, Zatsepin, Kuzmin).

EUSO embrassera des surfaces largement supérieures à celles de l'observatoire Auger avec son champ de vue de 60° balayant quelque 150 000 km² de l'atmosphère terrestre à chaque passage. En se développant dans l'atmosphère, les gerbes de rayons cosmiques engendrent aussi un effet Chérenkov dont les photons forment un cône étroit



L'observatoire spatial de l'Univers extrême de l'ESA, EUSO, captera la fluorescence engendrée par les rayons cosmiques.

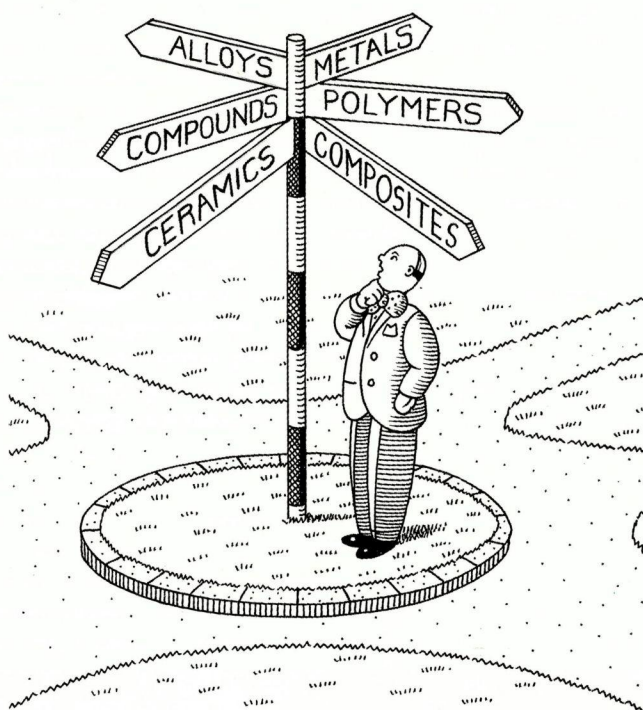
autour de chaque trajectoire de particule. La surface terrestre reflète cette lumière, ce qui donne dans le télescope EUSO un éclair terminal utilisable pour reconstituer la trajectoire du rayon

cosmique.

Le télescope est d'une conception simple, son optique de 2,5 m de diamètre est formée de lentilles de Fresnel qui focalisent la lumière sur une surface plane constituée de photomultiplicateurs multianodes pour un total de 250 000 pixels. Chaque pixel couvre approximativement 1 km² de la surface terrestre. Cette résolution est suffisante car à de telles énergies une gerbe cosmique peut s'étendre au sol sur des dizaines de km².

Le nombre total de pixels excités est dicté par le bruit de fond de la lumière résiduelle d'une nuit sans lune. L'expérience ne prenant des données que quand le télescope passe dans l'ombre de la terre, les nuits pour le télescope EUSO durent 45 min et se répètent 16 fois en 24 h. Pendant les trois années de la mission on prévoit quelque 3000 événements au-dessus de la coupure de GZK.

Your choice



Metals, Alloys, Ceramics, Polymers...

If you're looking for small quantities of any of these, then look no further...

Our range of materials is second to none and includes foils, rods, wires, tubes and many other forms. And in case you can't find precisely what you need, then our custom manufacturing service may be just what you're looking for.

So put an end to fruitless searches - contact Goodfellow!

Goodfellow

Goodfellow Cambridge Limited

Ermine Business Park, Huntingdon, PE29 6WR, Great Britain

Tel: +44 (0)1480 424 800

Fax: +44 (0)1480 424 900

E-mail: info@goodfellow.com Web: www.goodfellow.com