

CERN

Les neutrinos ont leur grand OPERA

L'expérience de 2000 tonnes OPERA (pour Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus), qui implique 33 instituts de recherche de 12 pays, y compris le CERN, la Chine et le Japon, a reçu le feu vert pour sa construction dans le cadre du projet CNGS de faisceau de neutrinos du CERN vers le Gran Sasso.

Le projet CNGS, maintenant en cours de construction (décembre 2000 p7), doit envoyer un faisceau de neutrinos de haute énergie depuis le CERN jusqu'au laboratoire souterrain italien du Gran Sasso, distant de 730 km, où le détecteur OPERA sera assemblé. Les premiers neutrinos sont prévus pour 2005.

Classiquement, il y a trois types de neutrinos - électron, muon, et tau - nommés d'après leur partenaire, et leur appartenance à un type donné est supposée immuable, si bien qu'un neutrino produit en même temps qu'un muon doit rester un neutrino du muon pour toujours.

Cependant, les grandes expériences mesurant le passage des neutrinos produits dans l'atmosphère terrestre par les rayons cosmiques semblent bien montrer que les neutrinos ne sont pas immuables (octobre 2000 p31). Les observations s'expliquent si des neutrinos créés comme neutrino du muon se transforment en neutrino du tau en cours de route.

Pour maximiser les chances de voir de telles "oscillations" neutrino, l'expérience a besoin d'une longue distance, dans le cas présent les 730 km entre le CERN et le laboratoire du Gran Sasso. A cause de ces oscillations, un faisceau de neutrinos de type muon quittant le CERN contiendrait à son arrivée au Gran Sasso des neutrinos du tau. Quand ils interagissent, ces neutrinos du tau produisent le lepton tau très instable qui se désintègre à moins de 1 mm du point d'interaction. Arriver à observer ces minuscules coudes dans les trajectoires dus à la désintégration du tau est le but principal d'OPERA.

Pour y arriver, ce détecteur doit pré-

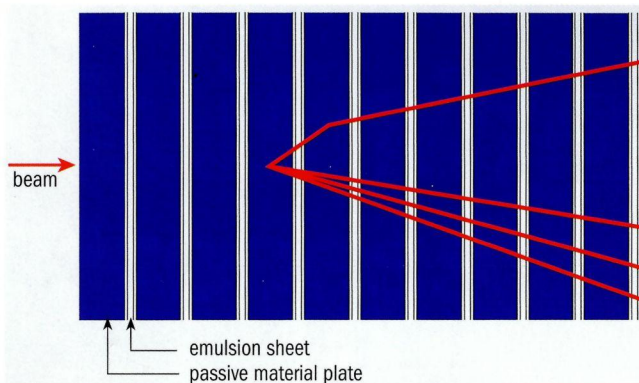
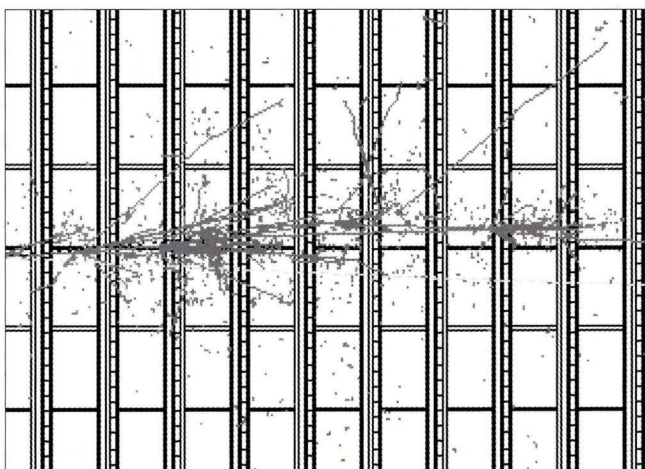
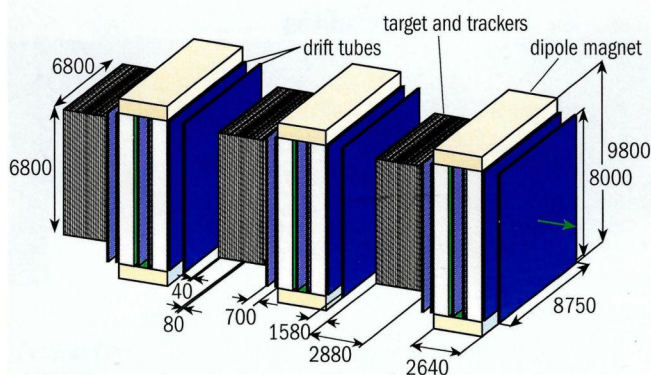


Fig. 1. OPERA utilise des cellules formées de plaques de plomb passives de 1 mm d'épaisseur alternant avec des films minces composés de deux couches d'émulsion de 50 μ m placées des deux côtés d'un substrat de matière plastique de 200 μ m. On voit ici à quoi pourrait ressembler un événement neutrino.



Simulation d'une interaction de neutrino du tau dans OPERA. Le faisceau arrive de la gauche et frappe un noyau dans un mur de briques-cibles. Chaque mur est suivi par des plans de détecteurs de trajectographie perpendiculaires au faisceau. La longue trace qui sort à droite est celle d'un muon.



Vue schématique d'ensemble du détecteur OPERA.

senter une excellente résolution spatiale dans l'ensemble de sa masse de 2000 tonnes. La technique retenue est celle de la "chambre à brouillard à émulsion" (ECC), où des feuilles d'absorbant passif (du plomb) sont alternées avec des couches d'émulsion qui révéleront les traces laissées par les interactions de neutrinos. L'unité de base d'OPERA est une cellule faite d'une plaque de plomb de 1 mm d'épaisseur suivie par un film mince composé de deux couches d'émulsion de 50 μ m placées de chaque côté d'un substrat de matière plastique de 200 μ m (figure 1). Les cellules sont à leur tour arrangées en "briques" amovibles, servant à construire des "murs", modules et super-modules. En aval du réseau de l'ECC se trouvera un spectromètre à muons.

Chaque brique amovible, de 8,3 kg, mesurera 10,2 cm $\times$ 12,7 cm dans le plan transversal au faisceau et 7,5 cm dans l'axe de celui-ci; elle sera formée de 56 cellules individuelles. Un mur comprendra 3264 briques et, avec ses deux plans de détecteur de trajectographie électronique (du scintillateur plastique lu par des fibres à décalage de longueur d'onde) formera un module. Chaque supermodule-cible sera formé de 24 modules, et l'ensemble du détecteur, avec une section rectangulaire perpendiculairement au faisceau d'environ 6 $\times$ 7 m, contiendra trois supermodules, soit au total 235 000 briques.

L'efficacité de la technique ECC a été démontrée l'année dernière dans l'expérience DONUT (Observation Directe du Neutrino du Tau) au laboratoire Fermi (septembre 2000 p6) qui l'a utilisée pour la première observation directe d'un signal du neutrino du tau. DONUT contrôlait la production des neutrinos produits dans l'impact d'un faisceau de protons de haute énergie frappant un bloc absorbant ("beam dump"), ce qui engendrait un petit nombre de neutrinos du tau directement, plutôt que par l'intermédiaire d'oscillations.

A cause de sa divergence naturelle, lorsqu'il atteindra le Gran Sasso le faisceau de neutrinos sera étalé transversalement sur environ 800 m, si bien qu'OPERA, aussi énorme qu'il soit, ne verra qu'une petite fraction du faisceau incident.

Pour construire le détecteur, une chaîne d'assemblage au Gran Sasso empilera les émulsions et les feuilles de plomb pour former des briques au rythme de deux par minute. Des robots pilotés par ordinateur iront positionner les briques aux emplacements qui leurs sont attribués. Il faudra environ une année pour remplir l'ensemble du détecteur avec toutes ses briques.

Les émulsions ont maintenant une longue histoire en physique des particules, avec comme étape marquante la découverte du pion en 1947 dans l'étude des rayons cosmiques. La voie du dépouillement des émulsions par des microscopes pilotés par ordinateur a été ouverte par le groupe de Nagoya, débutant à la fin des années 70. Les émulsions japonaises ont été utilisées par l'expérience neutrino CHORUS au CERN, et par DONUT au laboratoire Fermi. Cependant, OPERA aura besoin d'une quantité d'émulsions beaucoup plus grande qu'aucun de ses prédécesseurs, si bien que Nagoya et Fuji collaborent au perfectionnement de nouvelles techniques industrielles.

Pendant la prise de données, l'ensemble de l'appareillage sera contrôlé en continu par ses propres détecteurs électroniques. Ces trajectographes, situés en aval de chaque mur, serviront à identifier la brique où s'est produite une interaction de neutrino. Les briques en question (environ 30 par jour), seront ôtées et emmenées hors de la salle souterraine pour étalonnage. Elles seront alors démontées et les feuilles d'émulsion développées.

Il faudra des procédures de dépouillement plus rapides que celles employées par CHORUS et DONUT pour localiser les interactions de neutrinos. Elles sont en cours de développement. Un deuxième dépouillement recherchera les traces millimétriques suivies par un coude révélateur, l'empreinte caractéristique d'une désintégration de tau, et donc d'une interaction de neutrino du tau.

D'après les caractéristiques des oscillations neutrino déduites des mesures expérimentales disponibles, OPERA devrait observer environ 15 interactions de neutrino du tau en cinq années de saisie de données à l'intensité nominale du faisceau de neutrinos CERN - Gran Sasso. S'il en va ainsi, cela prouvera que la disparition des neutrinos du muon observée dans les expériences de neutrinos atmosphériques est réellement due aux oscillations de neutrinos du muon en neutrinos du tau.

ETATS-UNIS

Trois nouvelles expériences pour le terminal A au SLAC

Le terminal A, une vénérable installation pour cible fixe à l'extrémité de l'accélérateur linéaire d'électrons de 3,2 km au SLAC, Stanford, où l'on a découvert les quarks, accueillera bientôt un faisceau de haute énergie de photons polarisés car trois nouvelles expériences récemment approuvées vont y prendre place.

Une collaboration internationale dirigée par Peter Bosted et Stephen Rock (Massachusetts), Donald Crabb (Virginie) et Keith Griffioen (William et Mary) utilisera des plaquettes de diamant fines comme du papier pour engendrer des faisceaux de photons cohérents d'énergie allant jusqu'à 48 GeV.

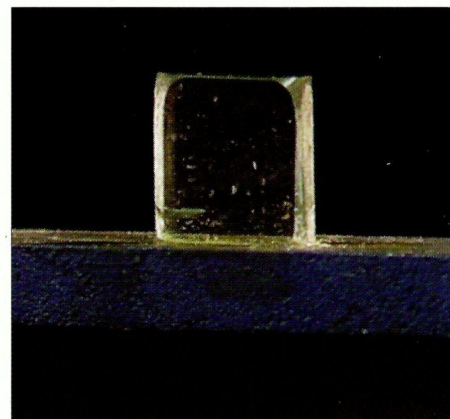
Louis Osborne et Roy Schwitters avaient inventé cette technique au SLAC en 1970 alors que l'énergie maximale des électrons était de 20 GeV. Des plans cristallins spécifiques du diamant étaient alignés précisément sur le faisceau d'électrons pour créer un réseau de diffraction pour les photons de freinage produits par l'interaction des électrons avec le cristal.

Cette méthode fournit des pics bien distincts dans le spectre d'énergie des photons. Des collimateurs à petit angle améliorent ensuite le rapport des rayonnements cohérent sur incohérent. Le faisceau d'électrons fortement polarisé du SLAC, dont l'énergie atteint maintenant jusqu'à 50 GeV, servira à produire plus d'un milliard de photons circulairement polarisés par seconde.

Les trois nouvelles expériences sont appelées E159, E160 et E161. E161 étudiera la contribution des gluons au spin des nucléons. Depuis les années 80, les expériences de diffraction lepton-nucléon au CERN, au SLAC et à DESY ont établi que les quarks constitutifs n'apportent que 25% du spin du nucléon. Le reste doit venir des mouvements orbitaux des quarks et des gluons et du spin intrinsèque des gluons.

Le groupe E161 s'intéressera aux contributions du gluon dans le processus de fusion photon-gluon: un photon circulairement polarisé s'unit à un gluon polarisé pour former une paire de quarks non liés charme-anticharme. On établira la production des quarks charme par leur désintégration en muons que l'on identifiera à l'aide d'un long dipôle magnétique rempli d'alumine. Du LiD polarisé formera la cible, refroidie à 300 mK à l'aide d'un réfrigérateur à dilution hérité du CERN.

E160 mesurera l'effet de la composition nucléaire sur la production des J/psi en tirant des



Un ensemble d'expériences nouvelles au terminal A du SLAC, Stanford, utilisera des plaquettes fines de diamant pour engendrer des faisceaux de photons cohérents d'énergie allant jusqu'à 48 GeV à partir des faisceaux d'électrons du SLAC. La cible en diamant a une section de 8mm x 8mm et 1 mm d'épaisseur.

photons non polarisés dans plusieurs cibles nucléaires différentes non polarisées. Cette expérience sera utile pour les recherches du plasma quark-gluon au SPS du CERN et au collisionneur d'ions lourds relativistes (RHIC, Brookhaven) dont l'une des signatures attendues est l'inhibition de la production du J/psi. Une meilleure compréhension du processus plus simple de photoproduction devrait faciliter l'interprétation de ces résultats.

E159 vérifiera la règle de somme de Gerasimov-Drell-Hearn à l'aide de photons polarisés et de cibles en ammoniac et en ND₃ polarisés. Cette règle de somme établit une relation entre d'une part la différence des sections efficaces totales pour des photons polarisés respectivement parallèlement et antiparallèlement au spin du nucléon-cible et d'autre part le moment magnétique anormal du nucléon. Si elle se vérifie elle pourrait suggérer des excitations possibles du nucléon non encore identifiées, ou même de nouvelles particules ou interactions qui n'entrent pas dans le modèle standard.

Au cœur de ces trois expériences on trouve les diamants et le charme. Une fois superbement ajustés pour présenter leurs meilleures facettes au faisceau d'électrons, ces diamants deviendront réellement le meilleur ami de la physicienne.

Peter Bosted, université du Massachusetts.

CONFÉRENCE

La R&D sur les accélérateurs de haute énergie

Le rythme trisannuel de la Conférence internationale sur les accélérateurs de haute énergie (HEACC) est bien adapté à l'évolution progressive du paysage des accélérateurs. La dernière réunion, à Tsukuba, Japon, en mars a bien reflété l'avancée continue des collisionneurs comme outil d'expérimentation préféré, aussi bien à haute énergie que pour des domaines très spéciaux de la physique, au détriment de l'expérimentation avec cible fixe. Petite mais très sélect, la conférence HEACC donne une vision très nette du paysage actuel, contrairement à la vision brouillée et subjective qui peut émerger des grandes conférences avec beaucoup de sessions parallèles.

Dans son discours d'ouverture à HEACC, Hirotaka Sugawara, Directeur du laboratoire hôte KEK, a insisté sur le véritable objectif des expérimentateurs: un collisionneur de protons de 100 TeV et un collisionneur électron-positon de 10 TeV, pour lesquels les projets actuels ne sont que des pré-curseurs. Son plaidoyer pour un renforcement de la R&D sur les accélérateurs a trouvé un écho pendant toute la durée de la Conférence.

Pour les collisionneurs électron-positon de haute énergie, depuis la précédente HEACC à Doubna en 1998, on a arrêté les machines du SLAC (Stanford) et le LEP au CERN, et l'accent est mis au contraire sur des énergies plus basses – PEP-II au SLAC et KEKB au Japon – avec des faisceaux d'électrons et de positons d'énergies inégales pour étudier la physique des particules B, contenant le cinquième quark, le "b". Ces collisionneurs ont rapidement battu tous les records de luminosité (fréquence de collision), dépassant $10^{33}/\text{cm}^2/\text{s}$.

Après des années de contributions majeures à la physique du B, Cornell va maintenant réduire l'énergie d'exploitation de son collisionneur électron-positon CESR pour étudier d'autres domaines des quarks. Un autre secteur de recherche retenant toute l'attention est celui du tau et du charme, pour lequel l'Institut Budker de Novossibirsk, fort d'une longue tradition de collisionneurs électron-positon, continue à préparer des projets.

Pendant les préparatifs du LEP, on l'a souvent considéré comme le dernier des grands anneaux de collision électron-positon; mais l'étude d'un très grand collisionneur de hadrons (VLHC), auprès duquel les 27 km du LHC du CERN feraient figure de nain, montre que la machine circulaire ultime électron-positon que l'on pourrait construire dans son tunnel atteindrait quelque 370 GeV.

Mais la voie préférée pour les collisionneurs électron-positon est maintenant celle des machines



L'anneau d'amortissement de l'installation d'essai de l'accélérateur ATF au laboratoire japonais KEK a atteint des émittances de faisceau (dimension $\times$ divergence) prometteuses pour les collisionneurs linéaires électron-positon en projet.

rectilignes, et beaucoup des grands laboratoires effectuent une R&D très vigoureuse pour résoudre les problèmes sur la route des hautes énergies.

A l'installation d'essai des accélérateurs (ATF) du KEK, Japon, l'émittance (dimension $\times$ divergence) d'un faisceau est descendue jusqu'à 10^{-11} rd m, une valeur encourageante pour les collisionneurs linéaires. Moins encourageants de prime abord sont les claquages rencontrés à 60 MV/m dans les cavités accélératrices non-supraconductrices de l'ATF, l'installation correspondante au SLAC (étude du NLC, le "prochain collisionneur linéaire") et encore ailleurs.

Cependant les délégués n'étaient pas tous exagérément pessimistes: Greg Loew du SLAC, ne considère cela que comme une "bosse sur la route", et Ron Ruth, du SLAC, a proposé de nouvelles configurations des cavités exploitant des ondes stationnaires.

Des deux cotés du Pacifique, la R&D progresse en direction d'un projet en bande X (11,4 GHz) utilisant des klystrons haute puissance basés sur une focalisation périodique à aimants permanents et atteignant 70 MW avec une durée d'impulsion de quelques microsecondes.

Le CERN a son propre projet de collisionneur linéaire électron-positon, le CLIC, utilisant un faisceau de pilotage au lieu des klystrons usuels. L'installation d'essai de CLIC – CTF2 – au CERN utilise des structures de transfert atteignant 100 MW de puissance à 30 GHz pour étudier comment le linac principal pourrait tolérer des champs accélérateurs au-delà de 60 MV/m. Un important rapport de conception est attendu en 2005. Dans son exposé de conclusion, Alexandre Skrinsky de

Novossibirsk pensait que la voie résistive en bande S (3 GHz) était la bonne pour une machine d'avant-garde, en dépit des menaces à 60 MV/m.

Fraîchement auréolé du lancement de l'idée de la machine supraconductrice TESLA à DESY (mai p6), le directeur du laboratoire, Albrecht Wagner, a montré qu'une énergie de collision de 500 GeV était réellement accessible après l'obtention de champs accélérateurs de 23,4 MV/m, et qu'on pourrait atteindre 800 GeV si le fonctionnement pouvait être garanti à 35 MV/m, et même plus avec un électropolissage soigné.

Lyn Evans, Directeur du projet LHC du CERN, a fait ressortir le travail solide déjà réalisé sur le synchrotron PS du CERN, qui sera le pré-injecteur du LHC. Le relais-témoin de la préparation du faisceau passe maintenant dans les mains du maillon suivant de la chaîne d'injection du LHC, le SPS. Le programme de mise en service du LHC prévoit les essais d'un secteur en 2004, le refroidissement de l'anneau complet à 2 K en 2005 et l'entrée en service en 2006.

Le collisionneur d'ions lourds RHIC de Brookhaven est le nouveau venu sur le marché. Mis en route l'année dernière (octobre 2000 p5), il a commencé à produire de la physique. Derek Lowenstein a expliqué que l'énergie de collision des ions serait bientôt portée à la valeur nominale de 200 GeV par nucléon. Des protons polarisés seront accélérés en utilisant un schéma d'aimants du type "serpent sibérien". Un autre nouveau projet au RHIC est celui d'un linac à électrons de 52 MeV pour le refroidissement des faisceaux d'ions lourds afin d'accroître la fréquence de collision (luminosité), 52 MeV correspond pour les électrons à la rigidité des faisceaux de 100 GeV par nucléon du RHIC.

Le collisionneur proton-antiproton Tevatron du laboratoire Fermi vient de commencer sa nouvelle période d'exploitation, sa luminosité devrait finalement atteindre $5 \times 10^{32}/\text{cm}^2/\text{s}$. Le refroidissement par électrons devrait bientôt être introduit dans l'anneau d'accumulation des antiprotons (mai p7).

Pour l'avenir à long terme, un exposé a considéré un LHC II au CERN, avec d'hypothétiques aimants fournissant le double du champ actuel, tandis que le laboratoire Fermi étudie des options VLHC pour atteindre des énergies de collision d'environ 40 TeV, contre 16 TeV au LHC. La circonférence du VLHC est comprise entre 100 et 500 kilomètres, selon la puissance des aimants de courbure.

Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'un collisionneur de hadrons, la machine élec-

tron-proton HERA de DESY offre un domaine de physique qui lui est propre et on étudie comment accroître la fréquence de collision en pinçant plus fortement les faisceaux en collision (mai p5).

L'idée assez nouvelle d'utiliser des anneaux de muons comme source de neutrinos de grande intensité a déjà donné naissance à plusieurs propositions (avril 2000 p17). Alexandra Lombardi du CERN en a fait le résumé. Les énergies envisagées pour la machine primaire à protons vont de 2,2 GeV au CERN à 15 GeV au laboratoire Fermi, 24 GeV à Brookhaven et 50 GeV au Japon, avec différentes approches. Le schéma du CERN prévoit un linac à protons supraconducteur qui pourrait aussi servir de nouvel injecteur dans la chaîne de ses synchrotrons. L'étude du Japon bénéficie du plan protons KEK/JAERI récemment approuvé (mars p8). Cependant l'enthousiasme mondial pour cette nouvelle idée d'usine à neutrinos est tempéré par les ressources inadéquates.

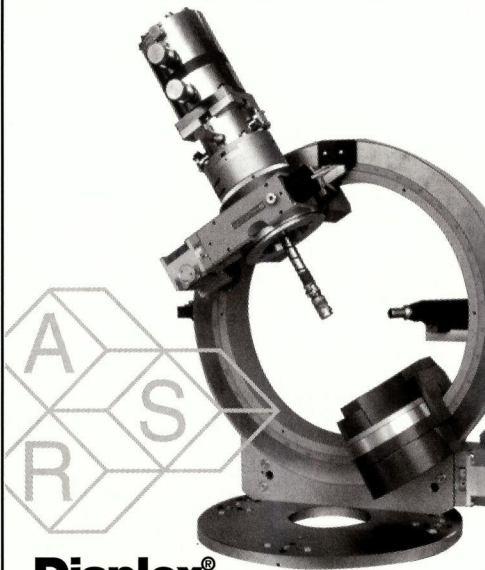
La R&D pour les nouvelles méthodes d'accélération semble avoir atteint un plateau: les idées usuelles arrivent en bout de course et la relève se fait attendre. La puissance toujours croissante des lasers pourrait ouvrir une voie, cependant Konstantin Lotov de Novossibirsk a souligné que les champs d'accélération élevés disponibles sur la dimension des plasmas ont besoin d'être étendus sur de plus grandes distances.

Dans son exposé de conclusion, le Directeur des accélérateurs du CERN Kurt Hübner a souligné fièrement les réussites des physiciens des accélérateurs qui ont toujours su "réaliser plutôt que promettre". Il a insisté sur le fait que tout le matériel devait être "testé, testé et encore testé" pour éviter les déceptions et pour réussir, et il a recommandé que pour tout projet les initiateurs demandent dès le début les ressources nécessaires, sans paraître s'en excuser. Avec les réalisations notables déjà accomplies par les collaborations internationales, il est important de continuer la tradition, a affirmé Hübner.

La rencontre HEACC de Tsukuba était organisée par Koji Takata du laboratoire KEK. Beaucoup des participants se retrouveront à Chicago en juin pour la Conférence des Etats-Unis sur les accélérateurs de particules. Conscients que le programme de conférences sur les accélérateurs est peut être trop chargé, les organisateurs ont tenu des discussions sur son allègement et un comité dirigé par Ferdinand Willeke de DESY ("nous ne pouvons pas travailler suffisamment pour remplir tout le temps de parole disponible") fera des recommandations. Mais HEACC, d'une manière ou d'une autre, continuera sûrement à faire partie du programme de conférences sur les accélérateurs.

Information de Karlheinz Schindl, CERN.

Cryogenic X Ray Diffraction

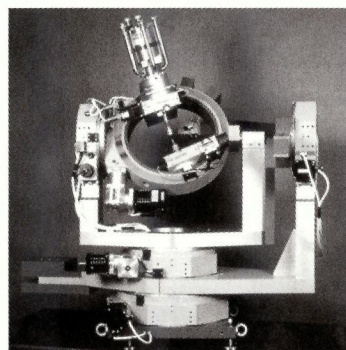


Displex®

Helitran®

• **1.7 to 800K**
• **Closed and open cycle cryostat goniometer interfaces**

• **Huber 512, 5020**
• **Bruker D8, D5000**
• **Newport KAPPA**
• **Rigaku, Scintag, Philips**

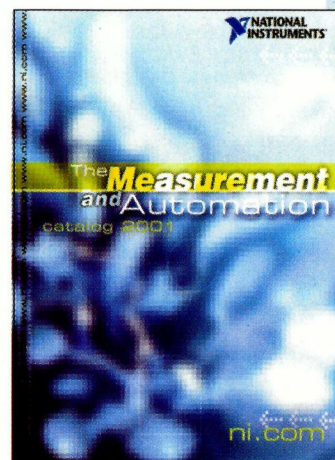


**Advanced Research
Systems, Inc.**

**905 Harrison Street #109
Allentown, PA 18103
610 439 8022
Fax 610 439 1184
e mail; ars@arscryo.com
Visit our website @
www.arscryo.com**

www.arscryo.com

We're an Open Book



**With National Instruments,
you define your measurement
and automation solution.**

- Networked measurement and automation solutions
- Machine vision and motion control
- PXI™/CompactPCI™ instrumentation
- LabVIEW™ graphical programming
- Tools for text-based programming
- GPIB instrument control

Call for your **FREE**
**Measurement and
Automation Catalog 2001.**



**NATIONAL
INSTRUMENTS™**

ni.com

info@ni.com

National Instruments Switzerland
Sonnenbergstr. 53
CH-5408 Ennetbaden
Fax. 056/200 51 55
ni.switzerland@ni.com
ni.com/switzerland
Deutschland 089/741 31 30
Österreich 0662/45 79 90-0

Copyright © 2001, National Instruments Corporation. All rights reserved. Product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies.

CES is 20 years old...

CES Creative Electronic Systems
38 avenue Eugène-Lance
CH-1212 Grand-Lancy, Switzerland
Internet: <http://www.ces.ch>

CES Switzerland
Tel: +41.22.884.51.00
Fax: +41.22.794.74.30
Email: ces@ces.ch

CES Germany
Tel: +49.60.51.96.97.41
Fax: +49.60.51.96.97.38
Email: norbert.loerch@ces.ch

CES USA
Tel: +1.518.843.1445
Fax: +1.518.843.1447
Email: traxonic@superior.net

We enjoyed the days of NIM and CAMAC

We survived the days of FASTBUS

We went for it with VME

We refused to adapt CPCI to physics

We surfed all of the real-time OS from PSOS, VRTX, OS-9, VxWorks, Lynx

We enjoyed RSX, VMS and bypassed Windows to support LINUX

Our systems and technology is deployed in world-leading telecom programs, as well as leading European aerospace programs.

- BUT -

We remember our roots in physics and will always try to offer you complete hardware and software solutions in the field of intelligent interfaces, computing cores and network access.

Your CES Team

CES PHYSICS NEWS FOR 2001

RI03 VME Processors

- Final release of Lynx 3.1, VxWorks 5.4 and LINUX with CES toolkit, including DMA on VME in 2eSST
- Low-cost version of RI03 with single PCI bus

PMC Extension Boards for RI03 Processors

- Connects up to 4 additional PMCs to a single RI03 processor at full PCI 64-bit speed
- Totally supported in the CES Lynx, VxWorks and LINUX packages

PMC Computing Cores

MFCC 8443 - The ultimate intelligent multipurpose detector interface

- 400 KGates ultra-high-speed front-end FPGA
 - Latest IBM 400 MHz PowerPC 750CX
 - PCI 64-bit Master / Slave interface with DMA
 - Network protocols on PCI
- MFCC 8442BD with Fast Ethernet port

LINUX PCs-to-VME Connections

- PCI-to-VME connection
- Complete software support for LINUX, including multi-crate connection
- VME Master / Slave D32, D64 and Slot 1

