

Le détecteur de neutrinos de l'installation à neutrinos étiquetés (INE) de Serpoukhov avec ses deux grands spectromètres à argon liquide alternant avec des spectromètres à muons formés de toroïdes en fer.

un rôle majeur dans l'expérience SAGE en Russie qui se proposait de détecter les neutrinos solaires grâce à l'utilisation du gallium. Avec le gallium, le seuil de l'énergie de détection est suffisamment bas pour qu'il soit possible de détecter des neutrinos provenant des réactions solaires (proton-proton) qui produisent la majorité de l'énergie; si le flux mesuré dans cette expérience était également faible, de nouvelles propriétés du neutrino en seraient la cause.

Los Alamos participe également à l'expérience de l'Observatoire neutrino de Sudbury (SNO) au Canada qui utilise 1000 tonnes d'eau lourde pour observer les neutrinos solaires dans des réactions à courants chargé et neutre. Il s'agit d'une expérience prometteuse, parce que le taux d'événements à courant neutre devrait être indépendant du fait que les neutrinos oscillent ou non, alors que le taux d'événements à courant chargé est produit uniquement par les neutrinos d'électron. L'expérience de SNO devrait commencer à recueillir des données à la fin de 1995.

SERPOUKHOV

Les recherches sur le neutrino à l'accélérateur de l'institut de physique des hautes énergies (IPHE) à Serpoukhov, Protvino, Russie, ont commencé en 1968. Une voie neutrino pour des faisceaux à bande large — comprenant un système de transport des protons de 70 GeV, une cible, un système de focalisation des hadrons secondaires, un tunnel de désintégration de 140 m et un filtre à muons en fer de 12 000 tonnes — a été construite de 1969 à 1974 sous la direction de V. Kotov, A. Samoilov et R. Rzaev du département faisceaux.

Le système de focalisation original proposé par A. Samoilov donne toujours des flux de neutrinos d'environ 20 milliards de particules par mètre carré par déversement sur 5 microsecondes. Le détecteur de neutrinos initial de 20 tonnes, basé sur des chambres à étincelles optiques, était une réalisation commune IPHE-IPTE (Moscou) conduite par A. Mukhin et V. Kaftanov. Les premiers événe-

ments neutrino furent détectés en avril 1974. Au cours des huit années suivantes ce détecteur a permis d'étudier de nombreux aspects de la phénoménologie des neutrinos — production de dimuons, sections efficaces quasi-élastiques et totales et neutrinos "directs" issus des expériences avec cibles d'absorption totale du faisceau.

Les premières expérimentations avec des cibles à émulsion pour neutrinos ont montré la faisabilité de cette technique pour l'étude de la production de particules charmées.

L'énergie moyenne des neutrinos de l'accélérateur de Serpoukhov est voisine de 10 GeV. A cette énergie les neutrinos ne sondent pas profondément la matière et les états finals de faible multiplicité dominant. Il fallait donc un détecteur de neutrinos capable d'observer les particules individuellement dans l'état final. Une chambre à bulles propane-fréon de 7 mètres cube, SCAT (d'après une abbréviation en Russe), fut donc proposée.

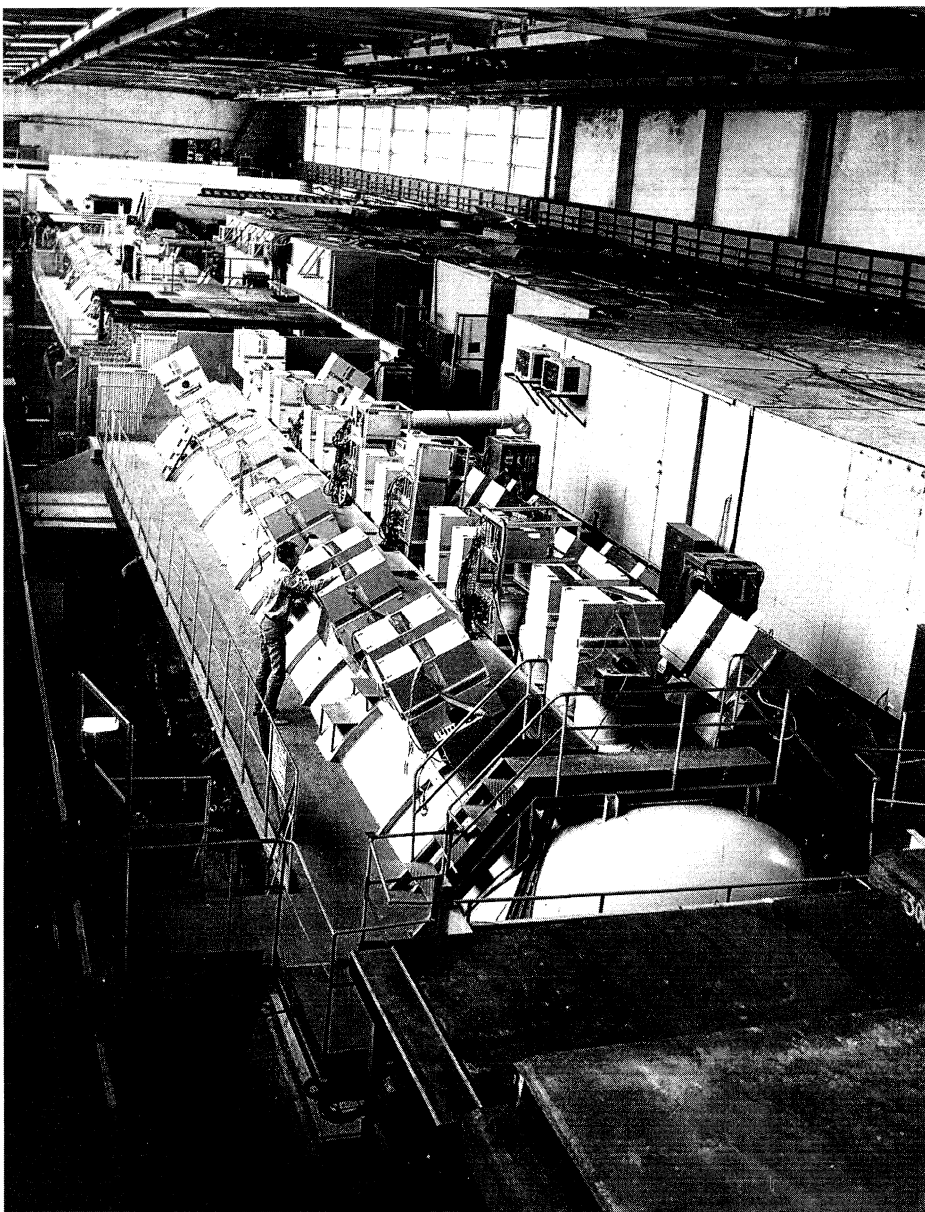
La construction de cette chambre demanda près d'une décennie (1965-1974). De nombreuses entreprises

industrielles d'URSS y prirent part, sous la supervision du laboratoire Efremov, Léninegrad (V. Titov), et de l'IPHE (E. Kouznetzov). Les premières photos d'événements de neutrinos ont été obtenues en mai 1975.

Cette chambre à bulles allait par la suite fournir la masse des données sur le neutrino, l'équipe internationale Protvino/Zeuthen (Allemagne de l'Est), dont les porte-paroles étaient V. Ammosov et R. Nahnauer, publiant plus de 30 articles.

Les points forts de cette recherche comprenaient la détermination de l'angle de mélange électrofaible d'après la mesure complète de la production cohérente de pions isolés, des mesures d'avant-garde de la production de baryons charmés et récemment, la première observation de la production quasi-élastique du σ^* charmé (2450) doublement chargé.

La chambre à dérive a perduré jusqu'à l'âge respectable de 18 ans, parvenant de justesse à survivre à la "perestroïka" de 1989 (voir photo). Elle devait être le témoin d'une nouvelle ère dans les recherches sur le neutrino à l'IPHE avec la mise à disposition du synchrotron





EPAC94

FOURTH EUROPEAN PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE
Queen Elizabeth II Conference Centre, London,
27 June to 1 July 1994

After Rome, Nice and Berlin, the fourth conference in the series will be held at the prestigious Queen Elizabeth II Conference Centre, opposite Westminster Abbey and only a short walk from the Houses of Parliament, in the city of Westminster, London.

The conference aims to provide a comprehensive overview of research, technology and special applications in the field of accelerators. In the planning of the programme special emphasis is placed on excellent review papers and particular attention will be paid to high-intensity accelerators. The programme will include invited talks, contributed papers, oral poster presentations and poster sessions. Parallel sessions will be kept to a minimum.

Papers from the whole field of accelerators are solicited, including low- and high-energy machines and accelerators for medical and industrial purposes. The deadline for the receipt of Abstracts at the Scientific Secretariat is 15 December 1993.

An industrial exhibition, as well as an exhibition of CERN's proposed LHC Project, will be held during part of the conference and the conference programme will include a special session whose theme will be the transfer of technology from accelerator laboratories to industry. Information regarding the exhibition and seminar may be obtained from the Exhibition Manager.

Local organization is in the hands of the RAL and Daresbury laboratories. The registration fee is £225 if received before the deadline of 27 April 1994 and is increased to £250 thereafter. Due to the huge demand for accommodation in London in June and July, requests for accommodation should also be made prior to this date. Complete information concerning registration and accommodation may be obtained from the Conference Secretariat.

World-Wide Web (W3) and Internet Gopher will be used as additional means of disseminating information on the conference as it becomes available. Indications as to how to use these systems, as well as complete information on the conference are given in the First Announcement and Call for Papers available from the Conference Secretariats.

EPAC94 Conference Secretariat
Mrs. Susan Humphreys
Rutherford Appleton Laboratory
Chilton, Didcot
UK - Oxon OX11 0QX
Tel. +44 235 44 67 50
Fax. +44 235 44 66 65

Scientific Secretariat
Mrs. Ch. Petit-Jean-Genaz
EPAC Executive Secretary
CERN - AC
CH - 1211 Geneva 23
Tel. +41 22 767 3275
Fax. +41 22 767 86 66

Exhibition Secretariat
Neil Marks
Industrial Exhibition Manager
Daresbury Laboratory
Daresbury, Warrington
UK - Cheshire WA4 4AD
Tel. +44 925 603 148/432
Fax. +44 925 603 196

What's so Special about Salford Fortran?

A compiler is a compiler is a compiler - right? **Wrong!** If you write programs for a living, you probably use your compiler 20 times a day, and a poor compiler wastes your time and your company's money every time. Slow compilation, silly restrictions, poor diagnostics and downright bugs - these are the rule, but the exception is Salford FTN77. FTN77 is highly stable and has the best diagnostics in the business. It compiles 6 or 7 times faster than the big-name competition, but produces smaller objects and faster executables.

But it's not just the absence of vices that makes FTN77 so good. There are dozens of features you won't find in lesser products, like virtual memory support, an integrated debugger and profiler, in-line assembler and a Windows development library. The **/UNDEF** switch, unique to Salford compilers, will regularly save hours of debugging by spotting the use of undefined memory areas at run-time.

Don't skimp on the tools of your trade, buy the best - Salford FTN77/486.

Also available with full support from Polyhedron are Fortran 90, C++ and Pascal compilers from the same stable.

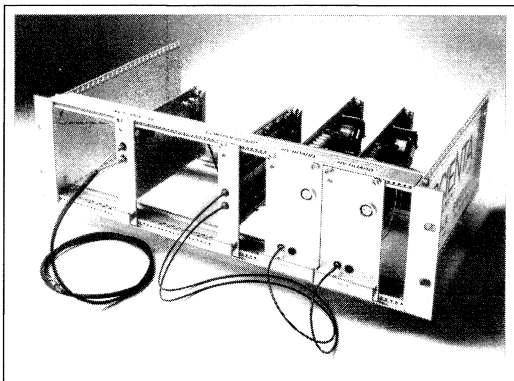
Polyhedron Software Ltd.

Linden House, 93 High Street, Tel. 0865-300579
Standlake, WITNEY, OX8 7RH Fax 0865-300232
United Kingdom Internat. Code (+44) 865
CompuServe 100013,461

**Polyhedron
Software**

US TOLL-FREE FAX 1-800-777-5519

SCIENTA SYSTÈMES HAUTE TENSION

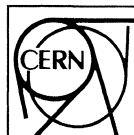


Le système haute tension de SCIENTA est conçu pour toute utilisation haute tension nécessitant une faible puissance et une grande précision. C'est le choix idéal pour les applications demandant des champs électrostatiques.

- Système modulaire offrant une souplesse illimitée jusqu'à 6000 V (max. 250 modules).
- Chaque module est commandé par fibres optiques et doté d'une isolation galvanique totale.
- Grande stabilité et excellente linéarité.

Stabilité à long terme: 5×10^{-6} sur une semaine
Linéarité: $< 5 \times 10^{-6}$ à 1500 V

Scienta Instrument AB Seminargaten 33H Tél. Int. + 46-18-50 01 60
S-75228 Uppsala, Suède Fax Int. + 46-18-54 36 38



Forum on Boundary Scan for digital and mixed-signal boards

January 20 & 21, 1994
CERN - Main Auditorium

A two-day forum on test bus standards
organized in collaboration with

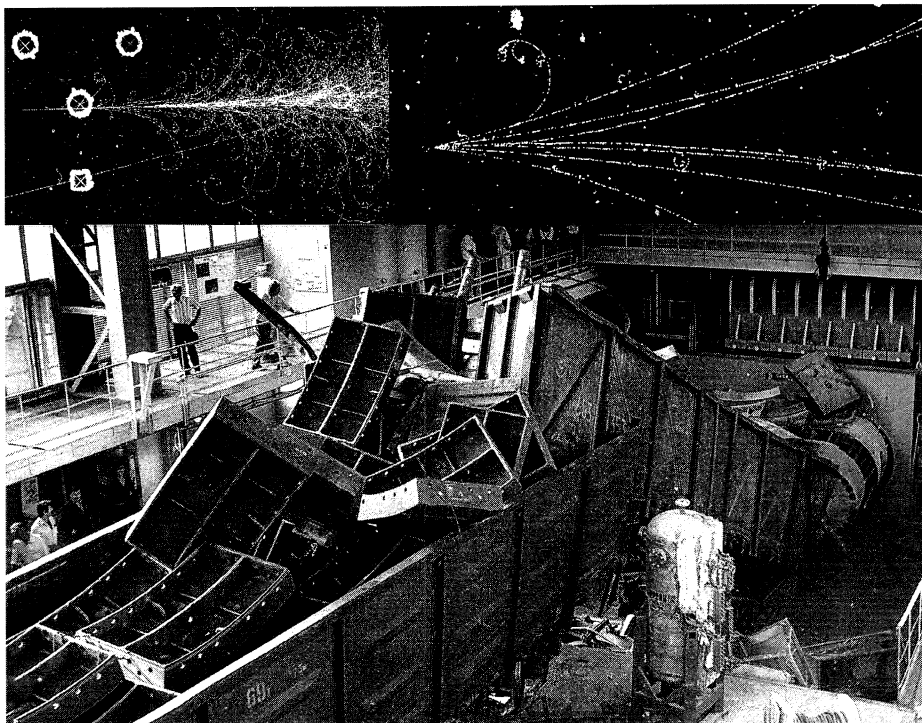
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (LEG/C3i)
Institut National Polytechnique de Grenoble (TIMA)

Morning Tutorial sessions given by international specialists
- JTAG Boundary Scan standard
- mixed-signal extension bus under development

Afternoon Panels and demonstrations on hardware and software
products available on the market.

Information and application forms may be obtained from

CERN Technical Training Secretariat
1211 Geneva 23 - Switzerland
Tel.: (+41.22) 767.44.60 - Fax : (+41.22) 785.08.38
e-mail: eductech@cernvm.cern.ch



injecteur. Ce n'est qu'en 1992, après 1,7 million de photographies, que le "dernier des Mohicans" du monde des grandes chambres à bulles disparut finalement de la scène.

Le nouveau synchrotron injecteur a porté de 3 milliards à 12 milliards de particules par cycle l'intensité du faisceau de protons frappant la cible à neutrinos. La première session fructueuse avec le synchrotron injecteur a eu lieu en octobre 1987. A cette occasion SCAT était rempli d'un mélange propane-fréon de faible densité (90% de propane).

Un calorimètre classique à grain fin de 100 tonnes pour la détection des neutrinos, associé en aval avec un spectromètre à muons formé de toroïdes en acier magnétisé a été construit par une collaboration IPHE, IURN (Dobna) et IPHE (Zeuthen) (porte-paroles: A. Vovenko, S. Bounyatov et M. Walter). La cible comprend 36 plans horizontaux de compteurs à scintillateur liquide alternant avec des plaques d'aluminium à l'intérieur de cadres en fer magnétisé. Ce détecteur est sensible aussi bien aux interactions des neutrinos du muon que des neutrinos de l'électron et

l'analyse de la structure en quarks du nucléon (ses fonctions de structure) à faible transfert d'impulsion est en cours. Une nouvelle expérience vise à repousser les limites dans la recherche d'oscillations neutrino de l'électron/neutrino du tau à partir de la désintégration de hadrons non focalisés dans un tube à désintégration court de 12,5 m. Cherchant à utiliser au mieux les faisceaux de neutrinos aux intensités maximales du synchrotron injecteur, le nouveau chef du département neutrino, Sergeï Denisov, a eu l'idée d'employer l'étiquetage des neutrinos. Récemment, sous la conduite de Denisov, des physiciens de Pise, Dobna, Zeuthen et Protvino ont terminé la construction de l'installation des neutrinos étiquetés (INE).

L'idée nouvelle consiste à détecter simultanément toutes les autres particules dans les désintégrations des kaons donnant des neutrinos de types électron et muon. Pour cela on fait appel à un poste d'étiquetage spécial entre le tube de désintégration et le blindage filtrant les muons, il comprend huit plans d'hodoscopes à scintillation de 4×4 mètres carrés et un calorimètre électromagnétique à 2000 cellules. Les

Le premier impact de la Perestroïka sur la science fondamentale russe s'est manifesté le 11 juin 1989 quand trois wagons chargés de dalles pour le nouveau synchrotron UNK de Serpoukhov et se déplaçant à 50 km/h ont embouti la chambre à bulles à liquide dense SCAT prête pour la session neutrinos d'automne. Avec leur détermination caractéristique, les physiciens de Serpoukhov se sont rappelés des paroles d'une chanson populaire: "Notre armure était solide et nos mains encore rapides". En deux mois seulement SCAT fut réparé et commença à fonctionner avec un nouveau mélange propane-fréon (événement dans le coin à droite) aussi brillamment qu'elle l'avait fait avec du fréon (événement électron-neutrino dans le coin gauche).

données recueillies permettent d'identifier l'électron et le muon, de reconstituer leur trajectoire et de mesurer les énergies des électrons et des photons émergents pour en déduire le lieu de désintégration du kaon, ainsi que l'orientation du neutrino et son énergie.

Un faisceau de neutrinos à bande étroite et un détecteur de neutrinos novateur ont été construits pour l'INE. Le détecteur comprend deux grands spectromètres contenant chacun 300 tonnes d'argon liquide. Un aspect important de ces spectromètres est le rapport élevé du matériau actif au matériau passif, ce qui donne une bonne résolution en énergie, en particulier pour les électrons. Ils sont suivis par des spectromètres à muons de 5 m de diamètre, des toroïdes à fer magnétisé alternant avec des tubes à dérive. Les avantages principaux du faisceau de neutrinos étiquetés sont une bonne résolution en énergie (3-5%) et un bruit de fond faible (réduit de 2 à 3 ordres de grandeur par rapport aux conditions des faisceaux neutrino habituels). On espère que l'INE commencera à recueillir des données l'an prochain.

Les plans pour l'expérimentation sur les neutrinos à l'IPHE étaient liés à la construction du nouvel UNK de 3 TeV, les intensités des faisceaux de protons y auraient été considérablement plus élevées que dans d'autres synchrotrons. Cependant ces espoirs ont commencé à pâlir, puis se sont évanouis l'an dernier pour la génération actuelle de physiciens quand une

décision a été prise de terminer la construction de la machine initiale UNK à 600 GeV, mais de limiter les travaux sur l'accélérateur UNK supraconducteur de 3 TeV à la R&D. Cependant, même à 600 GeV, la cadence des interactions de neutrinos reste intéressante et l'observation du neutrino du tau ainsi que la recherche d'oscillations produisant des neutrinos du tau dans les nouvelles régions cinématiques demeurent possibles.

JAPON

Dans les années 1980, tandis que les infrastructures de la recherche en physique des hautes énergies parvenaient à maturité, la physique expérimentale du neutrino était en plein essor au Japon. Elle se fondait sur trois approches différentes: les expériences avec des accélérateurs, la désintégration nucléaire bêta et une expérience souterraine à grande profondeur. Cette dernière, qui s'appuyait sur un détecteur Chérenkov à eau permettant une visualisation, fut un tel succès que le détecteur fait aujourd'hui l'objet d'un agrandissement considérable et qu'il dominera la recherche japonaise dans le domaine dans les années 90.

Dans les années 80, l'expérience E10 (KEK/Tokyo/Osaka) au synchrotron à protons de 12 GeV du laboratoire japonais KEK fut la première à rechercher l'émission d'un neutrino lourd dans la désintégration du kaon à l'arrêt; elle fut bientôt suivie par des expériences spécialisées: E89 et E104 (Tokyo/KEK). Un spectromètre magnétique à haute résolution appuyé par un vaste système d'élimination des photons permit d'établir en 1982 une bonne limite croisée sur la masse et la probabilité de mélange dans la gamme de masse des 100 MeV. Dix ans plus tard, le synchrotron va de nouveau passer à l'action dans le cadre de la recherche liée aux neutrinos (expérience E261a - voir plus bas).

La Collaboration VENUS a étudié au collisionneur électron-positon TRISTAN du KEK la production radiative de paires

de neutrinos et conclu, en combinant ses données avec celles des autres collisionneurs électron-positon, que le nombre de types de neutrinos légers devait être inférieur à quatre et cela avant même les mesures définitives des expériences au LEP en 1989. A la fin de 1980, aiguillonné par le résultat expérimental proclamé à Moscou d'une masse finie pour l'antineutrino de l'électron, un groupe comprenant des physiciens de l'INS (Institut des études nucléaires de Tokyo) a proposé une mesure de précision de l'extrémité du spectre bêta du tritium. L'accent a porté dès le début sur un étalonnage fiable.

Environ quatre ans ont été consacrés à la mise au point d'une source bêta optimale et à l'étalonnage pour obtenir des mesures de haute qualité. Au cours des quatre années qui suivirent, une série de mesures ont fourni une limite supérieure de 13 eV pour la masse.

Au début de 1991, une collaboration KEK/INS comprenant également quelques physiciens américains s'est lancée dans une expérience décisive sur le neutrino controversé de 17 keV. Conscient du danger de s'appuyer sur des effets subtils dans la forme du spectre bêta, le groupe a recherché dans le spectre un effet de seuil d'émission du neutrino avec une haute résolution, un faible bruit de fond et une précision statistique sans précédent. Le résultat d'une mesure prise sur trois mois a clairement exclu un tel neutrino.

Vers la fin des années 70, le concept très attrayant d'une grande unification des forces avait incité les physiciens à lancer une nouvelle génération de grandes expériences souterraines visant à observer la désintégration prédite du proton. Au Japon, la grande expérience souterraine Kamiokande (une collaboration Tokyo / Institut de recherche sur les rayons cosmiques / KEK / Niigata) avait pour but d'examiner la désintégration du proton dans l'eau d'un détecteur Chérenkov à visualisation de 3000 tonnes situé à une profondeur de 1000 m. L'installation de 1000 photomultiplicateurs spécialement conçus fut achevée en juillet 1983 et le premier résultat fut communiqué six mois plus tard.

La réponse du détecteur fut étalonnée (en dessous de 5 MeV) à l'aide des électrons émis par les muons cosmiques venant à s'arrêter dans le détec-

teur. La mesure, couronnée de succès, d'électrons d'aussi basse énergie montra que Kamiokande pouvait également identifier les électrons de recul lors d'interactions de neutrinos de basse énergie. La collaboration a été renforcée par un groupe de Pennsylvanie, qui l'aidera à améliorer la sensibilité à la désintégration des nucléons et à abaisser le seuil d'énergie pour la détection des neutrinos solaires. Un compteur Chérenkov à eau placé en anticoincidence fut construit autour du volume principal et le purificateur d'eau comme le système électronique furent sensiblement améliorés.

Le détecteur optimisé, Kamiokande-II, entra en service à la fin de 1985 et fournit l'année suivante ses premiers résultats portant sur 48,5 jours de données. Afin de réduire encore le bruit de fond dû à la radioactivité, le travail se poursuivit tout au long de 1986 pour améliorer le système de purification de l'eau.

Ces pénibles efforts furent récompensés de manière spectaculaire. Le 25 février 1987, un fax informa le groupe d'une supernova 'proche' à l'échelle astronomique. Peut-être le détecteur avait-il intercepté dans son fonctionnement de routine des neutrinos de cette explosion. Des bandes de données furent immédiatement expédiées à Tokyo pour y être analysées.

Le 27 février, une nuit entière fut passée à dépouiller les quelques centaines de pages de diagrammes de l'énergie en fonction du temps recueillis pendant 2,5 jours. Une indéniable explosion d'activité y apparut rapidement. Enregistrée le 23 février à 7 h 35 mn 35 s TU (± 1 minute) et d'une durée de 13 secondes, elle se composait de 11 événements à électron, dont les énergies allaient de 7,5 à 36 MeV. Ces neutrinos de la supernova SN1987A marquèrent le début de l'astronomie du neutrino.

L'exploitation du détecteur se poursuivant avec de très faibles bruits de fond et la collaboration étant agrandie, la voie fut ouverte à une nouvelle gamme d'expériences lorsque les neutrinos solaires furent détectés pour la première fois par une mesure directionnelle en temps réel. Le résultat récent de la mesure du flux à partir des données accumulées pendant 1554 jours représente une fraction de $0,50 \pm 0,04$ (stat.)