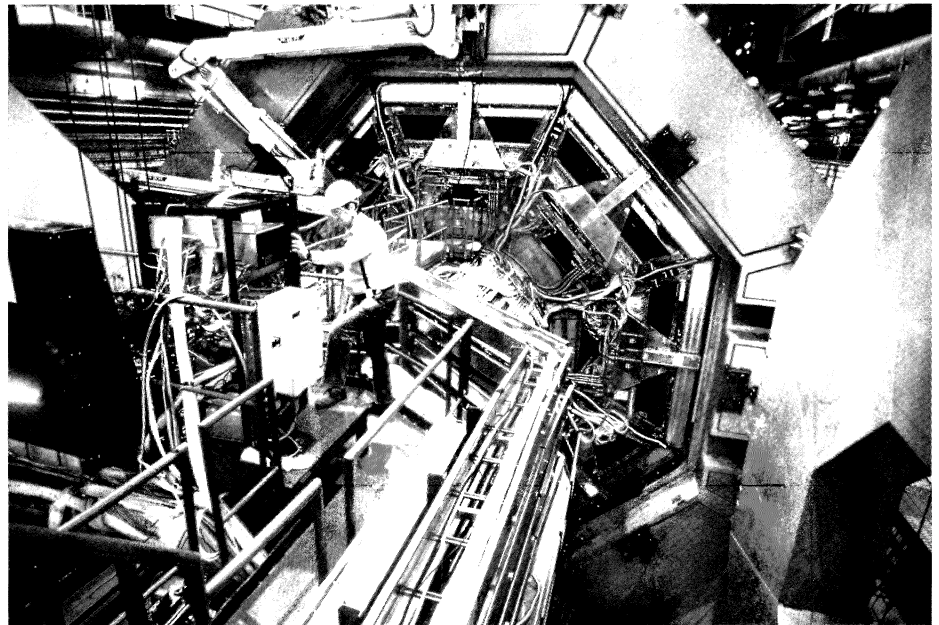


Le détecteur L3

Le détecteur L3 dans l'anneau électron-positon LEP du CERN. Il ouvre la voie des collaborations de physique d'échelle mondiale.

(Photo P. Dhinaut)

Cet article est le dernier d'une série que notre revue a consacré aux quatre grandes expériences (Aleph, Delphi, L3 et Opal) au collisionneur électron-positon LEP du CERN pour marquer le dixième anniversaire de leur existence. La saisie des données a débuté rapidement après que le LEP soit devenu opérationnel en juillet 1989, démarrage suivi par des périodes d'expérimentation très longues en 1990 et 1991. Aujourd'hui les grandes entreprises de la physique exigent des préparatifs prolongés et dans le cas des quatre expériences au LEP ils avaient en effet été lancés dès le début des années 1980. Pour Aleph, voir janvier/février 1991, page 1; Delphi, novembre 1990, page 1. Le numéro de juin 1991, page 4, a traité de la décennie d'Opal.



Il y a onze ans, les travaux de conception de l'anneau LEP de 27 km proposé au CERN étaient bien avancés de sorte que les physiciens devaient commencer à penser sérieusement aux grandes expériences pour étudier les collisions électron-positon au LEP. En juin 1981, la station alpine de Villars (Suisse) a donc servi de cadre à la traditionnelle rencontre ECFA (Comité européen pour les accélérateurs du futur) destinée à la communauté des grands utilisateurs qui devaient y présenter les arguments en faveur de la nouvelle machine et étudier les possibilités d'expérimentation.

Cette année-là, l'expérience Mark-J de Sam Ting à l'anneau électron-positon PETRA de DESY, Hambourg, était bien avancée dans son programme de recherche et le co-laureat du prix Nobel de 1976 considérait l'avenir. Il pouvait poursuivre dans la voie électron-positon à l'anneau LEP du CERN, mais il existait ailleurs une autre possibilité avec des protons. L'idée de L3 est née lors

d'un séjour de Ting chez Hans Hofer et ses collègues à l'Ecole polytechnique fédérale (EPFZ), à Zurich, en avril 1981.

La collaboration Mark-J comprenait Aix-la-Chapelle (III) en Allemagne, MIT aux Etats-Unis, NIKHEF à Amsterdam, JEN à Madrid et l'Institut de physique des hautes énergies de Pékin. (Mark-J avait été le premier programme scientifique occidental auquel les physiciens chinois aient participé après la révolution culturelle de 1977). En dehors de l'EPFZ, le groupe d'Antonino Zichichi, qui avait une expérience précieuse dans l'étude des paires de leptons, était très intéressé à participer à toute nouvelle entreprise de Ting.

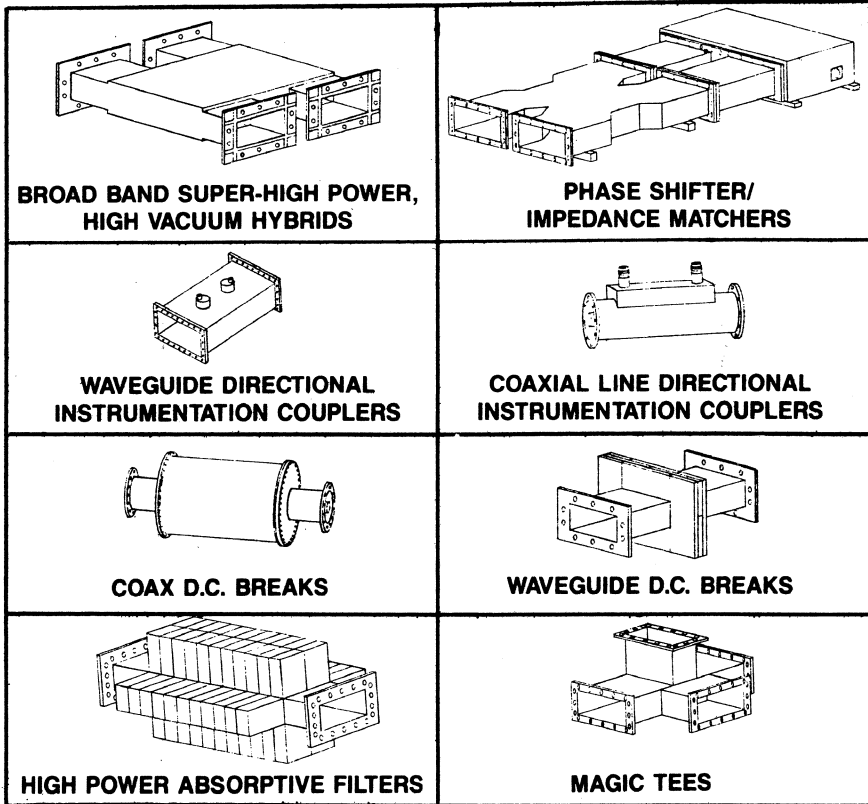
Le projet, connu sous le nom de L3 (c'était la troisième lettre d'intention soumise pour approbation en 1982), présentait une allure très différente de celle des autres esquisses de détecteurs au LEP. Alors que ceux-ci s'attachaient principalement aux productions hadronique (par l'interaction forte) et leptonique (par l'interaction faible) des collisions électron-positon, le plan de Ting était de construire un détecteur sensible avant tout aux leptons et aux photons produits dans l'annihilation électron-positon pour approfondir au mieux les phénomènes électrofaibles et comprendre leur origine.

L3 est une collaboration non seulement très grande mais également vraiment mondiale; c'est la première équipe importante de physiciens incluant à la fois l'Europe, les Etats-Unis, l'URSS, la République populaire de Chine et d'autres pays asiatiques.

Malgré un prix de 150 millions de dollars, le financement du détecteur n'a jamais été un vrai problème car les Etats-Unis, l'Union soviétique et les pays d'Eurasie ont chacun contribué pour environ un tiers au coût total. Cependant, Ting affirme que la mise sur pied de l'équipe mondiale, avec par exemple des scientifiques soviétiques et chinois travaillant côte à côte, a demandé des préparatifs très patients.

Une fois tracé dans ses grandes lignes, le concept initial de L3 n'a guère changé: un grand aimant renferme un détecteur modulaire destiné à mesurer avec précision les impulsions des photons, électrons et muons. Pour obtenir la précision requise dans la mesure de l'impulsion, il fallait un aimant extérieur, donc un détecteur de grandes dimensions. Contrairement aux autres détecteurs LEP, construits pour être déplacés en position depuis leur garage situé à l'écart des faisceaux en circulation, L3 devait être construit sur place. Comme, en fait, il allait faire partie de

HIGH-POWER AND SUPER-HIGH POWER WAVEGUIDE AND COAX NETWORKS



NOW THERE'S A HIGH POWER RF WAVEGUIDE AND COAX COMPONENTS COMPANY WITH THE **KNOW-HOW** TO DELIVER **COMPLETE SOLUTIONS...**

- COAXIAL LINE
- WAVEGUIDE WR-90 – WR-2300
- HYBRIDS
- PHASE SHIFTERS
- IMPEDANCE MATCHERS
- DIRECTIONAL INSTRUMENTATION COUPLERS
- HIGH-ORDER MODE FILTERS
- D.C. BREAKS
- ULTRA-HIGH VACUUM NETWORKS
- TEES
- POWER DIVIDERS
- PRECISION MICROPROCESSOR-BASED RF INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEMS

-RFT RF TECHNOLOGIES
CORPORATION — • — 

238 GODDARD ROAD
LEWISTON, ME 04240

TEL: (207) 777-7778
FAX: (207) 777-7784

6 Circle advertisement number on reader service form

PHYSICS FROM OXFORD... QED !

Niels Bohr's Times

In Physics, Philosophy, and Polity
Abraham Pais

Niels Bohr's life spanned a time of revolutionary change in science and its impact on society. Pais describes the state of physics before Bohr and considers his legacy, both theoretical and practical. But more than this, he captures the essence of Bohr, the intensely private family man.

0-19-852049-2, 582 pp., illus., Clarendon Press, October 1991 £ 25.00

Theories of Everything

The Quest for Ultimate Explanation
John D. Barrow

Many scientists now believe that we are close to discovering a 'Theory of Everything', a formula which will contain all that can be known about the universe. In this fascinating and very readable book, John Barrow asks whether this Theory of Everything is within our grasp, and whether it can really tell us Everything.

0-19-853928-2, 234 pp., illus., Clarendon Press, April 1991 £ 14.95

TO ORDER: These books can be ordered from your usual supplier. Customers in the UK and Europe can also order from OUP Distribution Services, Saxon Way West, Corby, Northants, NN18 9ES (add £ 1.75 P & P). Credit card holders can order by phone (0536) 744964; or fax (0536) 746337.

OXFORD UNIVERSITY PRESS

7 Circle advertisement number on reader service form

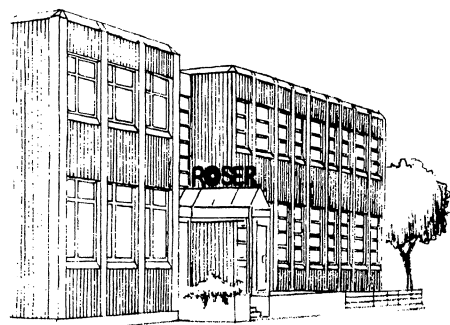
ROSER

ERNST ROSER AG

Mécanique et construction d'appareils
Ziegelackerstrasse 9A, CH-3027 Bern 27
tél.: 031 56 76 76 Fax: 031 56 76 00
tél. à partir du 28 mars 1992: 992 76 76
Fax à partir du 28 mars 1992: 992 76 00

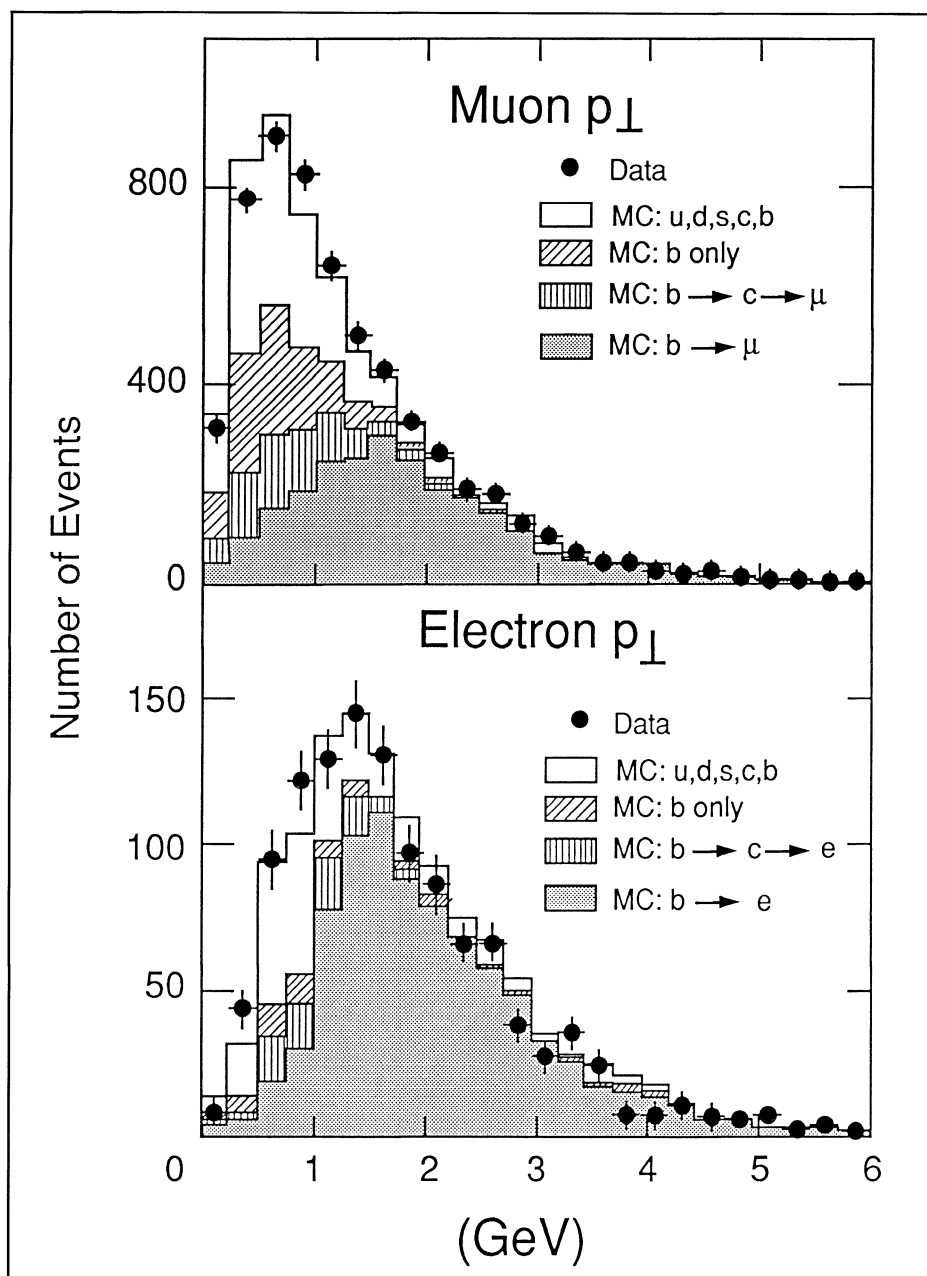
**Notre force c'est
la variété**

- l'électronique
- la mécanique de précision
- le développement de produits
- la serrurerie pour appareils
- un service d'entretien pour appareils de mesure



8 Circle advertisement number on reader service form

La physique des particules B est l'une des spécialités naissantes de L3. Une coupure à 2 GeV sur l'impulsion transversale des muons et des électrons fait apparaître un échantillon bien net.



l'infrastructure du LEP, L3 devait être prêt et opérationnel dès le premier jour d'exploitation. Cela constituait un aiguillon puissant pour l'installation de L3.

L'emploi d'oxyde de germanium et bismuth (BGO) dans le calorimètre électromagnétique constituait une autre nouveauté de L3. L'ensemble du détecteur utilise douze tonnes de ce matériau ce qui en a réduit le prix courant de 18 \$ à 5 \$ par cm^3 . Le

BGO brut était fourni par l'Union soviétique, mais la production des cristaux était réalisée par l'Institut des céramiques de Shanghai.

Les mastodontes de la collaboration — CERN, EPFZ, IPTE Moscou et MIT — se sont partagés la responsabilité de l'aimant de 8000 tonnes, haut de 15,6 m, long de 13,6 m et fournissant une induction centrale de 0,5 T et de la grande zone d'expérimentation.

A l'intérieur de l'aimant, on trouve les grandes chambres à muons (NIKHEF, Amsterdam/Madrid/EPFZ/Harvard/ Naples/ Leningrad/ MIT/ Northeastern) destinées à fournir une résolution de 1% ou mieux autour de la masse du Z. Les travaux de recherche et développement de cet élément majeur du détecteur, dirigés par Ulrich Becker du MIT, sont passés par de nombreuses itérations — il a fallu deux ans pour produire le premier octant du spectromètre à muons ultra-précis du tonneau central — avant que n'émerge une conception optimale et que puisse débuter la production. On a mis au point des systèmes spéciaux pour la surveillance laser de précision afin de garantir l'alignement exact des octants.

Séparant les chambres à muons, les couches d'absorbeur en cuivre et en uranium soviétique du calorimètre hadronique (Aix-la-Chapelle/ Florence/IPTE Moscou/Michigan/Rome / Bombay/EPFZ) ont été assemblées à l'Institut fédéral suisse de recherche nucléaire (EIR). Dans ce cas également, les travaux initiaux importants de R&D ont été payants.

A l'intérieur du calorimètre hadronique, le calorimètre électromagnétique en BGO (qui comprend un moniteur de luminosité) est également placé sous la responsabilité d'une équipe très internationale (Aix-la-Chapelle / Annecy / Budapest / Caltech / Carnegie-Mellon / CERN/ Genève / Hofeï / Lausanne / Lyon / Madrid / Munich/Moscou/ NIKHEF/ Pékin / Princeton/Rome). Pour la période de 1991, les «bouchons» étaient en place, complétant ainsi L3 conformément aux plans.

La chambre de vertex à dérive lente se trouve actuellement au cœur du détecteur; elle a été fabriquée par une équipe européenne (Aix-la-Chapelle/Zeuthen-Berlin/Zurich) après des travaux sur prototype considérables à Aix-la-Chapelle, à Genève et à l'EPF de Zurich.

Le comité directeur de L3 — son comité exécutif — comprend des représentants importants des centres de recherche de la collaboration qui ont des responsabilités essentielles sur les sous-détecteurs. D'autres groupes représentés dans le comité

Candidat de Higgs dans L3 explicable comme une désintégration d'un Z en un Higgs et une paire de muons (en haut à gauche). Ensuite, le Higgs se désintègre en un muon isolé (à droite) et d'autres particules, issues d'une paire quark-antiquark b, dont les parcours sont brefs.

se chargent des objectifs de physique, de l'amélioration des détecteurs, de l'assemblage et des paramètres, de l'aimant et de la zone d'expérimentation, de l'analyse des données immédiate et différée, du déclenchement et de la R&D sur l'instrumentation. Les séances sont ouvertes à tous les membres de la collaboration.

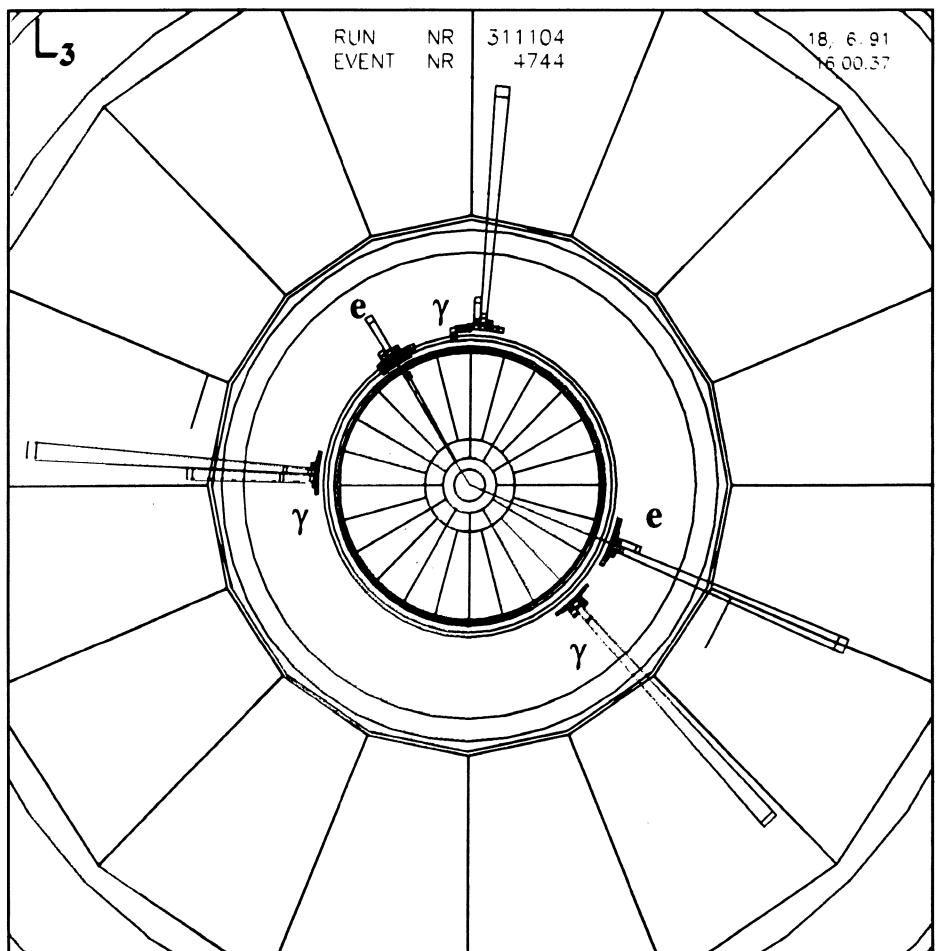
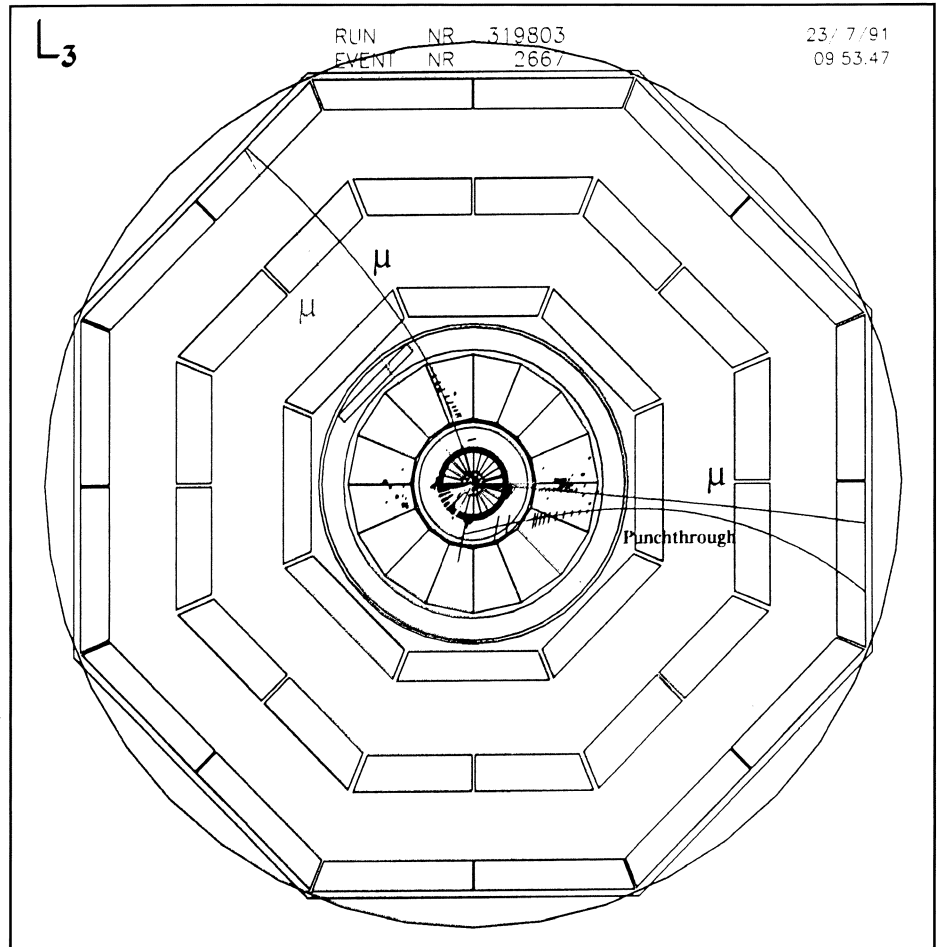
Dans L3, certaines personnes jouent des rôles spéciaux comme Hans Hofer de l'EPFZ qui a la responsabilité générale de la coordination et des finances (L3 a son propre comité des finances) et Frédéric Epling, de MIT pour l'administration et les communications. Au CERN, François Wittgenstein a dirigé l'équipe de l'aimant tandis qu'Alain Hervé et Mike Harris se sont occupés du soutien en ingénierie.

La collaboration a été dynamisée au milieu des années 80 par l'apparition du laboratoire mondial. Ce programme, dirigé par Antonino Zichichi, a pour objectif de s'appuyer sur la base scientifique et technologique des grands pays industrialisés pour promouvoir des projets dans des pays en voie de développement. Un groupe du laboratoire mondial constitue maintenant l'équipe individuelle la plus importante de L3; elle partage les responsabilités dans beaucoup des aspects du matériel et du logiciel pour l'analyse des données de l'expérience.

De la sorte, de jeunes scientifiques des pays en voie de développement acquièrent une expérience précieuse dans les techniques les plus actuelles, ce qui constitue un tremplin puissant pour leur carrière et catalyse la pollinisation des techniques.

Au cours de l'installation de L3, les travaux de câblage se sont révélés particulièrement ardues, mais des rencontres mensuelles dirigées par Lars Leistam en sont venues à bout. Une collaboration aussi vaste exige des efforts spéciaux dans la transmission des données. Richard Mount, de Caltech, s'est occupé du réseau informatique international.

Désintégration intéressante d'un Z, observée dans L3, en une paire électron-positon et trois rayons gamma de haute énergie.



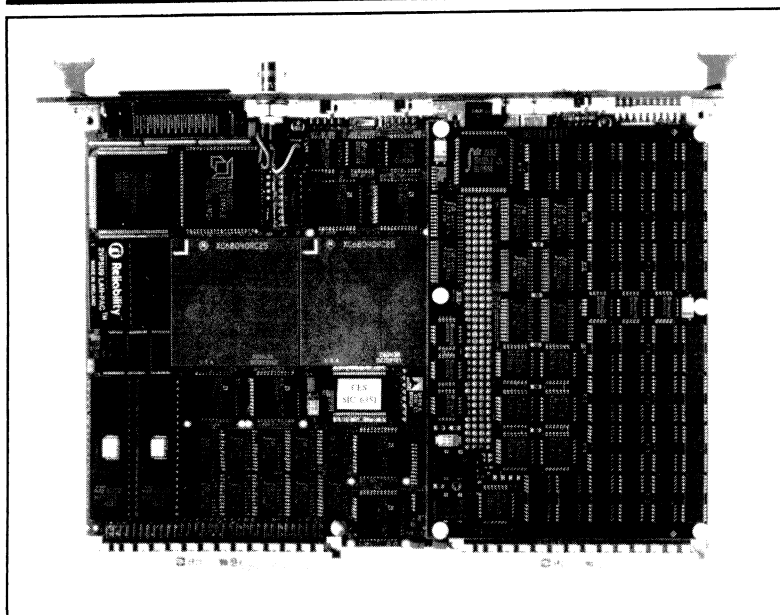
CES PRESENTS:

The best of both CISC & RISC worlds, with the best for each world :
Real-Time UNIX®, just to fit in with your needs !

where data flow is critical...



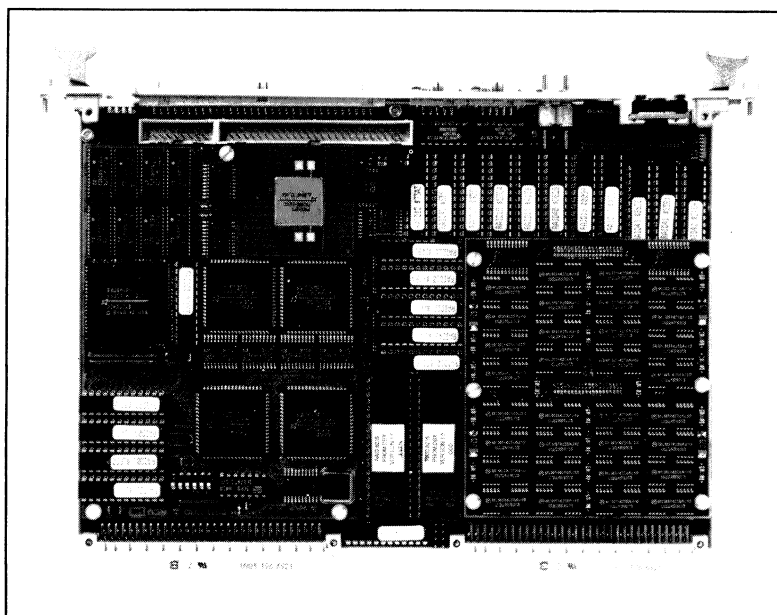
68040 CISC, FIC 8234



- ☐ Dual 68040 processor 25 MHz or 33 MHz.
- ☐ Up to 128 Mbytes System Memory.
- ☐ Up to 1 Mbyte of EPROM.
- ☐ Eight 16-bit timers and Real-Time Clock.
- ☐ High-Speed Block Mover Logic.
- ☐ Real
 - * 40 Mbytes/s Block Mover in D32
 - * 80 Mbytes/s Block Mover in D64
- ☐ Multiprocessing message passing through eight 32-bit FIFOs and two Mailbox Interrupts.
- ☐ Local Bus Extension connector.
- ☐ 8 Kbytes EEPROM.
- ☐ Direct Cheapernet (79C900) with a private buffer.
- ☐ Two RS-232C serial ports.
- ☐ 53C710 32-bit SCSI Scripts Processor.
- ☐ Fast SCSI-2 (10 Mbytes/s).
- ☐ 66 Mbytes/sec (@ 33 MHz) 32-bit Host bus DMA.
- ☐ VME/VSB Master/Slave Interface.
- ☐ VME Interrupt Handler & Requester (SIC 6351).
- ☐ VSB Slave Write Broadcast Mode supported.
- ☐ OS9 and Lynx OS supported.

...where massive calculation is required

R3000 RISC, RAID 8235



- ☐ MIPS R3000 RISC processor 24 / 48 MHz.
- ☐ MIPS R3010 Floating Point Unit.
- ☐ 32/128 Kbytes Data & Instruction Caches.
- ☐ 8/32 Mbytes System Memory DRAM.
- ☐ 8 Kbytes NVRAM.
- ☐ Sixteen 16-bit Timers & one Real Time Clock.
- ☐ Four 32-bit FIFOs of 255 words each.
- ☐ High Speed DMAC (WE 32204).
- ☐ 42000 Dhrystone & 7 Mflops SP Linpack.
- ☐ Block mode Quad Word Transfer over local, VME and VSB busses.
- ☐ SCSI, Ethernet and two RS-232 Interfaces.
- ☐ VME Master / Slave Interface.
- ☐ VSB Master / Slave Interface.
- ☐ Complete Interrupt handling.
- ☐ Virtual Interrupts & Message passing.
- ☐ General Purpose front panel connector.
- ☐ TC/IX and VRTX32 supported.

For these and our other VME, CAMAC and FASTBUS modules, contact us :

Headquarters: CES Geneva, Switzerland Tel: (022) 792 57 45 Fax: (022) 792 57 48

CES.F France Tel: (33) 50 31 55 00 Fax: (33) 50 31 55 10

CES.D Germany Tel: (6055) 4023 Fax: (6055) 82 210

CES Creative Electronic Systems SA 70, Route du Pont-Butin Case Postale 107
CH-1213 PETIT-LANCY 1 SWITZERLAND



Nouvelles des Laboratoires

L3 possède son propre ordinateur spécialisé pour l'analyse des données. Acquis grâce à un financement du ministère de l'énergie des Etats-Unis, il utilise actuellement un processeur avancé IBM 3090-200J.

Malgré sa taille et sa complexité, le détecteur a très bien fonctionné dès que le LEP a fourni ses premiers faisceaux au cours de l'été de 1989. Quelques secteurs défectueux de la chambre de vertex furent rapidement remplacés.

Dans l'esprit de Sam Ting, les trois périodes d'acquisition des données effectuées jusqu'ici ne sont que le début de la longue carrière de L3. Sur la base des échantillons de données actuels, il n'y a guère de différence entre les quatre détecteurs, explique-t-il. Cependant leurs conceptions diverses, reflétant leurs objectifs spécifiques, devraient dévoiler leurs points forts dans les prochaines années quand les expériences auront chacune observé quelques millions de désintégrations de Z. Il fait valoir les premiers résultats de L3 sur la physique des B (des particules contenant le cinquième quark b) qui mettent le doigt sur les possibilités futures des L3. Ces résultats comprennent les rapports de branchement pour les désintégrations semi-leptoniques du quark b, l'affinité de la particule Z pour les quarks b, le paramètre de mélange des mésons B neutres et la vie moyenne des particules B.

Avec toujours un oeil sur l'avenir, le groupe L3 installe des chambres à muons avant-arrière afin d'étendre jusqu'à 22 degrés la couverture angulaire des muons. Cela deviendra particulièrement important pour l'étude de la physique des paires de particules W quand on exploitera le LEP à des énergies plus élevées. En outre, L3 sera équipé d'un microdétecteur de vertex placé à l'intérieur de sa chambre à dérive lente, juste à l'extérieur d'une nouvelle enceinte à vide de moindre diamètre. Il permettra d'améliorer la trajectographie des particules très éphémères.

Malgré la complexité du détecteur et la taille du groupe d'expérimentateurs, les résultats de L3 sont présentés de façon claire et plaisante sous une forme facilement compré-

hensible. Ting explique que «la physique se développe par la transmission d'idées simples; il n'est pas nécessaire de rentrer dans trop de détails».

Une caméra à balayage spécialement mise au point permet d'obtenir dans le collisionneur électron-positon LEP du CERN des images des paquets de particules en circulation vus ici depuis le haut (à gauche) et depuis le côté. Dans cette photographie, l'évolution des paquets (chacun d'entre eux long de quelques centimètres, haut d'un millimètre environ et large de quelques millimètres) au cours de révolutions successives (du bas vers le haut) dans l'anneau de 27 kilomètres présente de subtiles oscillations. Cette caméra s'est avérée précieuse pour suivre le comportement complexe des faisceaux du LEP.

(Photo CERN CO 36.11.91/3)

CERN Millésime 91 du LEP

Quand le collisionneur électron-positon LEP de 27 kilomètres du CERN a terminé sa période de 1991 à la mi-novembre, les quatre grandes expériences — Aleph, Delphi, L3 et Opal — avaient chacune engrangé quelque 300 000 particules Z sur huit mois. C'est à peu près deux fois la récolte de 1990, de sorte que le nombre total des Z observés par les quatre détecteurs depuis le début de l'expérimentation en août 1989 dépasse maintenant les deux millions.

L'année 1991 avait débuté dans l'optimisme: certaines leçons avaient été apprises et on attendait une riche moisson de Z. Par ailleurs, le LEP devait continuer à balayer en énergie le voisinage du Z pour étudier l'évolution des phénomènes de part et d'autre de la résonance.

Les simulations effectuées en tenant compte de l'expérience acquise pendant la période de 1990 avaient suggéré l'utilisation d'un autre point

