

L'informatique au CERN: l'ère

Chris Jones revient sur l'âge d'or des gros ordinateurs

En juin 1996, les informaticiens du CERN ont éteint l'IBM 3090 pour la dernière fois, marquant ainsi la fin d'une époque qui avait duré 40 ans. En mai 1956 le CERN avait signé le contrat d'achat de son premier gros ordinateur – un Ferranti Mercury dont le cycle d'horloge était 200,000 fois plus lent que celui des PC modernes. Aujourd'hui l'époque des superordinateurs est révolue, ils sont remplacés par des "solutions évolutives" basées sur des "boîtes" Unix et des PC, de sorte que le CERN et les instituts qui y collaborent procèdent à l'installation de plusieurs dizaines des milliers de PC afin de répondre aux besoins du traitement numérique pour le Grand collisionneur de hadrons LHC.

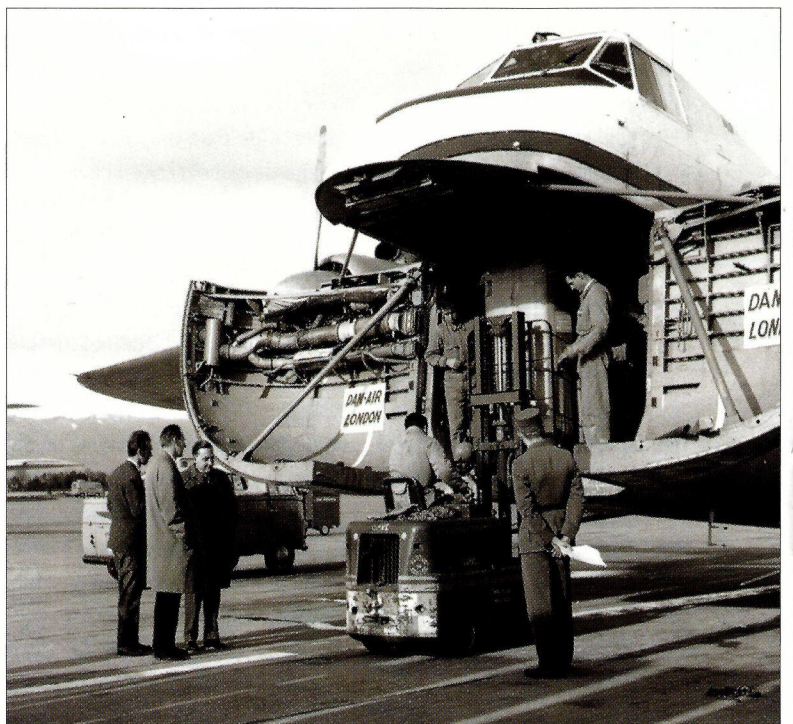
Le Mercury était une machine à tubes à vide de première génération avec un cycle d'horloge de 60 μ s. Il lui fallait cinq cycles – 300 μ s! – pour multiplier des mots de 40 bits et il ne comportait pas le matériel pour la division, une fonction qu'il fallait programmer. Il a fallu deux ans pour construire la machine, qui est arrivée au CERN en 1958, un an plus tard que prévu à l'origine. Les utilisateurs ont pu la programmer à partir de la fin de 1958 dans un langage appelé Autocode. Les entrées et sorties se faisaient sur bandes perforées, mais des dérouleurs de bandes magnétiques lui ont été adjoints en 1962. Le fait est que l'entrée/sortie (E/S) constituait une limite, par exemple lorsqu'on a voulu utiliser le Mercury pour l'analyse des bandes perforées produites par les instruments de dépouillage et de mesure des films de chambres à bulles. L'E/S léthargique retardait le travail de l'unité centrale, rapide et puissante. Dès 1959 il était déjà clair qu'il fallait un système plus puissant pour faire face au flux des données provenant des expériences au CERN.

L'entrée des années 60 au Centre de calcul s'est d'abord faite sous la forme d'un IBM 709, en janvier 1961. Il était toujours basé sur des tubes à vide, mais on pouvait le programmer en FORTRAN, lui faire lire des instructions codées sur carte et aussi lire et écrire les bandes magnétiques. Son unité centrale était de quatre à cinq fois plus rapide que celle du Mercury, mais son prix s'élevait à 10 millions de francs suisses (et cela en 1960!). Deux ans plus tard seulement, il cédait la place à un IBM 7090, une version transistorisée de la même machine, avec un cycle d'horloge de 2,18 μ s. Cela marquait la fin des machines à tubes à vide et, après une période au cours de laquelle il fut consacré à une seule expérience au CERN (le spectromètre de masse manquante), le Mercury a été donné à l'académie des mines et de la métallurgie à Cracovie. Avec le 7090, les physiciens ont réellement pu tirer parti de toutes les avancées commencées sur le 709, comme la connexion en ligne de dispositifs tels que les numériseurs à spot mobile de mesure des films de chambres à bulles et à étincelles. Le 7090 a permis de dépouiller automatiquement et de mesurer en un temps record plus de 300,000 cadres de films de chambres à étincelles. Cette période a également vu la première connexion en ligne vers des détecteurs sans film, avec l'enregistrement des données sur bande magnétique.

En 1965, la première machine CDC est arrivée au CERN: le 6600 conçu par Seymour Cray, le pionnier des ordinateurs, avec un cycle d'horloge de l'unité centrale de 100 ns et une puissance de traitement décuplée par rapport à l'IBM 7090. Il s'agissait d'une machine de présérie portant le



Vue panoramique du Centre de calcul du CERN au milieu des années 80 à l'épave de la permission de Chris Jones.)



Le déchargement de l'IBM 709 du CERN à l'aéroport de Cointrin, Genève, sur l'œil vigilant d'un douanier suisse, à droite.

numéro 3. Elle comportait des disques de plus de 1 m de diamètre – d'une capacité de 500 millions de bits (64 mégaoctets) et transformables plus tard en élégantes tables à café – des dérouleurs de bande et des lecteurs de cartes rapides. Cependant, comme l'a rappelé Paolo Zanella qui est devenu le chef de la division de 1976 à 1988, "l'introduction d'un sys-

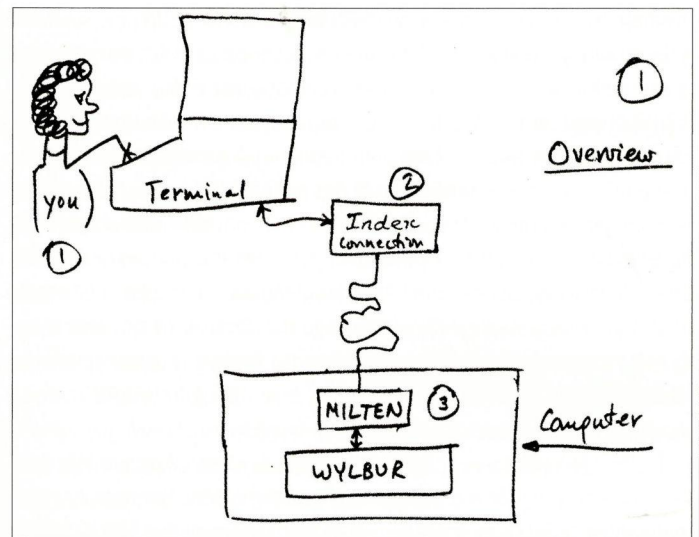
des ordinateurs centraux



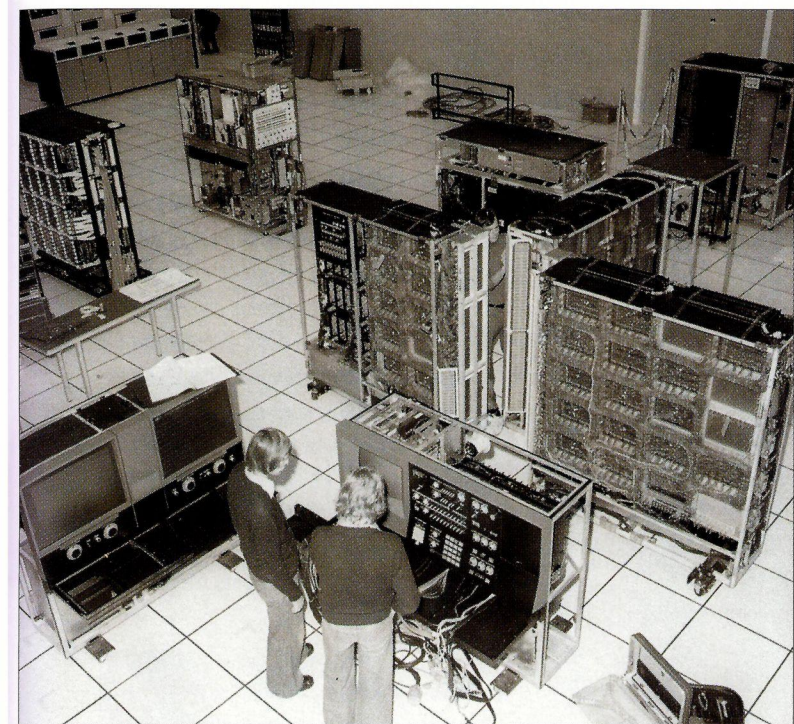
rs avec quelques kilooctets choisis dans sa mémoire.



poque du service combiné fourni par les machines d'IBM et de Siemens. (Avec



La nature conviviale du système à temps partagé WYLBUR, élaboré au SLAC, se reflétait dans son manuel magnifiquement manuscrit et illustré par John Ehrman.



L'arrivée de l'IBM 370/168 en 1976 annonçait l'âge d'or du gros ordinateur central et "l'unité CERN" de traitement des données de physique.

tème aussi complexe fut bien loin d'être simple et le CERN est passé par l'une des périodes les plus pénibles de l'histoire de son informatique. Le couplage d'un matériel instable avec des logiciels mal assurés a exigé des efforts longs et traumatisants avant d'arriver à un service fiable." Le 6600 a finalement pu réaliser son potentiel, mais seulement après que l'on eut

fait appel à des machines moins puissantes pour faire face à la demande croissante des utilisateurs. Puis, en 1972, il a été rejoint par son frère, le CDC 7600, l'ordinateur le plus puissant de l'époque, cinq fois plus rapide que le 6600, mais cette fois encore avec de douloureux "problèmes de jeunesse" similaires.

Avec sa vitesse dépassant 10 Mips (millions d'instructions par seconde) et de superbes performances en virgule flottante, le 7600 était pour l'époque une véritable "Ferrari" de l'informatique. Mais ce fut une Ferrari dont la période de rodage fut très difficile. Une fois encore le logiciel du système fut livré avec retard et inadéquat. Dans les premiers mois la machine a souffert d'un sérieux problème de boucles de terre, occasionnant des pannes intermittentes, qui n'a pu être finalement résolu qu'en adaptant un gainage de bandes élastiques sur tous les modules! C'était un superbe moteur pour l'époque, mais sa fiabilité et la manipulation des bandes n'étaient tout simplement pas au niveau requis, en particulier pour des expériences à compteurs électroniques. Ses capacités remarquables en virgule flottante étaient précieuses pour le traitement des données des expériences en chambre à bulles avec leurs débits de données relativement faibles, mais pour les expériences électroniques rapides, le goulot d'étranglement des dérouleurs de bandes constituait un problème majeur.

Une seconde révolution est donc intervenue avec la réintroduction en 1976 d'un autre système IBM, le 370/168, capable de répondre à la grande diversité des besoins des utilisateurs. Non seulement cette machine a-t-elle apporté des dérouleurs de bandes modernes et fiables, elle a ainsi prouvé que le matériel des machines pouvait fonctionner avec fiabilité et introduit l'âge d'or des gros ordinateurs avec leurs systèmes de stockage de masse robotisés et leurs imprimantes laser crachant 19,000 lignes par minute. Avec un cycle d'horloge de l'unité centrale de 80 ns, une mémoire à semiconducteurs de 4 Moctets (plus tard 5) et un ▷

module de multiplication rapide, elle devint "l'unité CERN" de traitement des données de physique, correspondant à 3-4 Mips. En outre, l'arrivée de l'imprimante laser, capable d'imprimer en mode point plutôt qu'en caractères à chasse unique, annonçait le début du traitement de texte scientifique et la fin des tables traçantes avec leurs stylets de couleur (sans même parler des machines à écrire).

L'IBM apportait avec lui le système d'exploitation MVS (Stockage Virtuel Multiple) et son JCL (le si hermétique Langage de contrôle des travaux) et il offrait l'occasion d'introduire au CERN le convivial WYLBUR, le système de temps partagé, bien aimé et intelligemment conçu au SLAC, de même que son manuel magnifiquement manuscrit et illustré par John Ehrman. WYLBUR était un chef-d'œuvre de conception, obtenant des miracles avec une maigre puissance (même pour l'époque) à partager entre de nombreux utilisateurs simultanés. Il se fit des amis grâce à son caractère facile et commença à montrer la porte de sortie à la machinerie des cartes perforées avec l'introduction à travers le laboratoire des terminaux d'ordinateurs. Il offrait également une bonne interface avec le stockage en masse d'IBM et un dispositif inédit de stockage des fichiers, ce qui était d'une grande commodité pour la manipulation des fichiers et le traitement des échantillons de données de physique. A son apogée WYLBUR servait quelque 1200 utilisateurs par semaine.

L'IBM 370/168 fut le point de départ des services basés sur IBM dans le Centre de calcul et il a été suivi par toute une série de machines plus puissantes, le 3032, le 3081, plusieurs 3090 et finalement l'ES/9000. En outre, on a introduit une ligne parallèle de machines compatibles de Siemens/Fujitsu qui ensemble ont constitué un système unique d'une manière transparente pour les utilisateurs. Ce système a servi la vaste majorité des utilisateurs, plus de 6000 par semaine, et l'essentiel du traitement des données jusqu'à la fin de sa vie en 1996. A son apogée vers 1995, le service IBM offrait le quart de la puissance de traitement centrale d'un PC haut de gamme d'aujourd'hui, mais sa capacité de traitement des données était remarquable.

Au cours de cette période, le projet du CERN d'un grand collisionneur électron-positon (LEP) a apporté ses propres défis à relever, justifiant en 1983 un examen de planification des besoins informatiques pendant la période LEP. Des systèmes attrayants concurrents des superordinateurs commençaient à poindre à l'horizon, ce qui promettait des arbitrages difficiles pour les services informatiques du Laboratoire. Les machines VAX de DEC, utilisées par de nombreux groupes de physiciens – et par la suite introduites comme une installation centrale très satisfaisante – offraient un excellent système d'exploitation, VMS, apprécié de tous. A une autre échelle, le saut technique des fonctions qui apparaissaient sur les nouveaux postes de travail individuels, par exemple Apollo – comme l'écran pleinement pixélisé et le demi mégaoctet de mémoire par utilisateur – constituait un atout évidemment attrayant pour les réalisateurs de codes informatiques avancés, bien qu'à un coût encore hors de portée pour beaucoup d'entre eux. Cela mérite peut-être un temps de réflexion de penser qu'en 1983 le PC utilisait le système d'exploitation DOS et un écran à caractères, alors que le Macintosh n'avait même pas encore été annoncé, si bien que les écrans pixélisés constituaient une avancée considérable. (On peut placer cela dans le contexte d'une autre recommandation de ce même examen de planification, c'est-à-dire la suggestion que le CERN devrait installer un réseau local et qu'Ethernet était le meilleur candidat.)

L'avenir clairement s'annonçait passionnant, mais certaines décisions pratiques devaient être prises concernant les finances, les fonctionnalités, la capacité et le maniement des bandes. Il fut convenu que pendant l'ère du LEP, les services IBM au CERN tourneraient sous le système d'exploita-



En arrivant en 1988, X-MP de Cray apportait sa capacité de traitement vectoriel – et sa touche de couleur – au Centre de calcul du CERN.

tion réellement interactif VM/CMS utilisé au SLAC. (WYLBUR était en réalité un programme d'édition astucieux pour soumettre les tâches de traitement par lots.) Cela devait conduire à une évolution très importante, la collaboration HEPVN. Il était possible et en fait désirable de modifier le système d'exploitation VM/CMS pour répondre aux besoins des utilisateurs. Tous les centres de physique des hautes énergies (HEP) utilisant VM/CMS s'apprêtaient à en faire exactement de même, une stratégie déjà adoptée auparavant pour de nombreux systèmes d'exploitation précédents. On pourrait presque dire que chaque centre s'est lancé dans l'affaire comme si c'était son droit souverain de faire cela mieux que les autres. Afin de défendre le point de vue du physicien itinérant, Norman McCubbin du laboratoire Rutherford Appleton émit en 1983 la proposition radicale, mais indiscutable, qu'il fallait "non pas faire mieux, mais faire identique!"

La collaboration HEPVM comprenait la plupart des sites utilisant le système d'exploitation VM/CMS qui comptaient les physiciens du LEP parmi leurs clients. Cela allait des grands centres spécialisés comme le SLAC, le CERN et l'IN2P3, jusqu'aux centres universitaires où les physiciens étaient loin d'être les seuls utilisateurs. Il était bien sûr impossible d'imposer quoi que ce soit aux diverses directions impliquées, il fallait donc discuter, expliquer et trouver des solutions. Deux produits importants sont sortis de cette collaboration. Une bande HEPVM a été distribuée à plus de 30 centres avec tous les codes informatiques nécessaires pour produire un environnement HEP unifié, de sorte que le "concept d'une collaboration entre sites" s'est trouvé établi comme une façon normale de procéder. Ses descendants, HEPiX et HEPNT, ont poursuivi la tradition de collaboration et il va sans dire que celle-ci devra encore atteindre un niveau plus élevé pour garantir le succès de la Grille informatique.

L'ère du superordinateur

Les années 1980 ont également vu l'avènement du superordinateur. Le CRAY X-MP, livré au CERN en janvier 1988, était le successeur logique du CDC 7600 de Seymour Cray au CERN et représentait un triomphe en termes de négociations sur le prix. La performance scalaire combinée de ses quatre processeurs représentait seulement le quart de celle du plus grand IBM installé au CERN, mais il offrait d'excellentes performances de traitement vectoriel en virgule flottante. Sa présence apportait une touche de couleur et résolvait la question de savoir si les codes informatiques de physique pouvaient réellement profiter de ses capacités vectorielles; les

plus grands bénéficiaires au CERN en ont probablement été les ingénieurs dont les applications, par exemple pour l'analyse par éléments finis et la conception d'accélérateurs, excellaient sur cette machine. Le CERN a également pris la décision de travailler avec CRAY pour lancer Unix comme système d'exploitation, un travail qui certainement a été utile pour les générations suivantes des machines tournant sous Unix au CERN.

Sur la plus grande partie de la période des gros ordinateurs, la puissance fournie aux utilisateurs a doublé à peu près toutes les 3,5 années – le CDC 7600 ayant connu une longévité étonnante de 12 ans. L'apparition du processeur complet sur une puce CMOS, qui respectait la loi de Moore d'un doublement de la vitesse tous les 18 mois, représentait une force irrésistible qui annonçait le remplacement à terme des systèmes des gros ordinateurs, même s'il restait un certain nombre des problèmes à résoudre auparavant, y compris en particulier la création d'installations fiables de manipulation des bandes. L'âge d'or du gros ordinateur devait donc en arriver à sa fin inévitable.

Un aspect très positif de l'ère des gros ordinateurs au CERN fut l'instauration d'équipes de projet conjointes avec les grands fabricants, en particulier IBM et DEC. La présence, disons, d'une vingtaine d'ingénieurs d'une telle compagnie sur le site procurait un service d'une qualité extrême, non seulement grâce à ce personnel local, mais également du fait de leurs contacts directs avec les équipes de développement aux Etats-Unis. On a même vu parfois un bogue critique, découvert en soirée au CERN, trouver sa solution pendant la nuit grâce à l'équipe de développement en Amérique pour être déjà installé pour les besoins du CERN le matin suivant, en contraste marqué avec le type de service disponible aujourd'hui à l'ère

de l'informatique marchandise. Du point de vue des fabricants, l'utilisation de leurs ordinateurs par les physiciens faisait reculer les limites du possible et les prévenait des besoins qu'auraient leurs clients ordinaires quelques années plus tard. Ils étaient donc disposés à installer, souvent gratuitement, des produits totalement nouveaux, parfois directement sortis de leurs laboratoires de recherche, comme un moyen de les voir utilisés, évalués et perfectionnés. Les demandes des physiciens retournaient sous la forme de produits nouveaux et de systèmes d'exploitation. C'était une manière un peu particulière mais fructueuse pour la physique des particules de transférer sa technologie et ses compétences au monde en général. En outre, grâce aux projets conjoints, les physiciens des particules bénéficiaient de prix attrayants qui leur permettaient de recevoir bien plus d'équipement informatique qu'ils n'auraient pu normalement s'en payer.

Pour en savoir plus

Cet article est un point de vue personnel sur certains des aspects de l'informatique des gros ordinateurs au CERN et ne pouvait apporter dans l'espace disponible que quelques aperçus. Il s'est appuyé sur certains détails contenus dans un examen plus approfondi des 30 premières années de l'informatique au CERN écrit par Paolo Zanella en 1990 pour *CERN Computing Newsletter* et disponible sur le web en trois parties: <http://cnlart.web.cern.ch/cnlart/2001/002/cern-computing/>; <http://cnlart.web.cern.ch/cnlart/2001/003/comp30/>; <http://cnlart.web.cern.ch/cnlart/2001/003/comp30-last/>.

Chris Jones, CERN.

When you
don't want to
compromise
on quality

ZERO-FLUX™ DCCT
measuring systems are
globally recognised as the
standard for scientific
purposes. Why? Because
we are like you - we don't
compromise on quality!



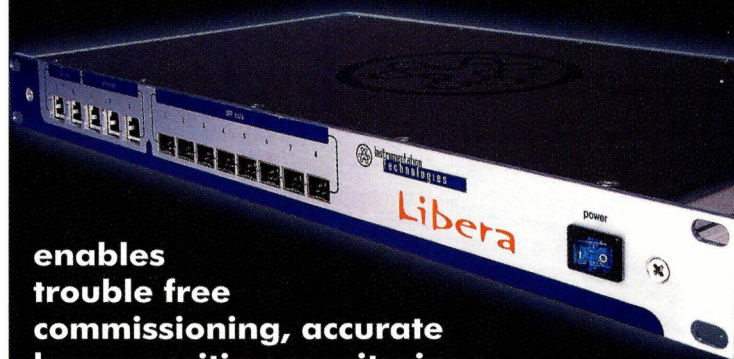
Made in Holland

ZERO-FLUX™
sales@hitecsms.com
www.hitecups.com/sms

Do your users demand
a stable orbit?

Libera

the all-in-one, feedback-ready,
and customizable beam position processor



enables
trouble free
commissioning, accurate
beam position monitoring
and local and global feedback building



Instrumentation
Technologies
www.i-tech.si

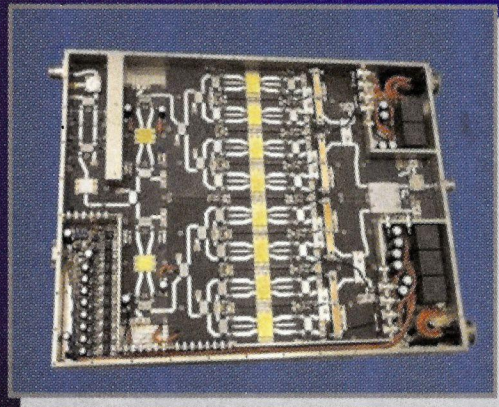
**Libera Tryout
available now!**
Contact: i-tech@i-tech.si !

RF Amplifiers *Klystron Drivers*

Solid-State Linear Power Amplifiers for Particle Accelerator Systems

Customers include:

CERN
SLAC
BESSY
CCLRC
GSI
JET
SINCROTRONE
E2V
THALES
TMD



Model AM84-3GHz 1Kw

- 500w 1Kw & 2Kw output power
- Class A & AB linear designs
- Pulsed power or CW designs
- Low distortion pulsed class A
- Unconditional stability
- Open & short circuit protection
- TTL Remote Interface
- Optimisation to user defined bands
- Modular, rack mountable/bench top

*For a wide range of GaAs fet amplifiers for Industrial and communications systems development and research
Come to us first for all your amplifier needs*

Top quality products designed and manufactured in the UK, delivered fast - and at sensible prices

Microwave Amplifiers Ltd 4 High St Nailsea, Bristol, BS48 1BT. UK

Tel: +44 (0) 1275 853196 Fax: +44 (0) 1275 858502 Web: maltd.com email: sales@maltd.com ISO9001 LRQ0963054

Wide Band Clamp-on Current Monitor



Pearson Electronics is pleased to introduce a new line of Wide Band Clamp-on Current Monitors. The new design features a ½ inch or 1 inch aperture with a hinged type opening for easy operation. The new design incorporates Pearson's wide band frequency response in a demountable configuration for use on fixed conductors.

The model 411C, typical of the group, has a sensitivity of 0.1 V/A, a 3dB bandwidth from 25 Hz to 20 MHz, and a 5,000 amp peak current rating. Pulse rise times down to 20 nanoseconds can be viewed. Accuracy of 1%, or less, is obtainable across the mid-band.

Other models feature a 2.0 nanosecond rise time, or droop as low as 0.003% per microsecond.

**Contact Pearson Electronics
for application information.**

Pearson Electronics

4009 Transport St. Palo Alto, CA 94303 USA
Telephone: (650) 494-6444 FAX (650) 494-6716
www.pearsonelectronics.com



**2003
CERN CMS
Gold & Crystal
Awards Winner**

**When Your
Concepts Require
Creative Solutions**

**Explore Our
Capabilities**

**Light Guiding Capillary ■ Custom Flow Cells
Hermetic Sealed Ferrules ■ Microfluidic Devices
Flexible Capillaries ■ Custom Assemblies
Specialty Optical Fibers / Draws**



Polymicro Technologies, LLC

18019 North 25th Avenue ■ Phoenix, Arizona 85023-1200

Phone: 602-375-4100 ■ Fax: 602-375-4110

URL: <http://www.polymicro.com> ■ E-Mail: sales@polymicro.com

Innovators in Silica