

COURRIER CERN

N° 4 VOL. 14 AVRIL 1974



Le CERN — Organisation européenne pour la recherche nucléaire — a été créé en 1954 en vue d'assurer «... la collaboration entre Etats européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamental, ainsi que pour d'autres recherches en rapport essentiel avec celles-ci.» Son rôle est de centraliser et de coordonner les recherches théoriques et expérimentales entreprises en Europe dans le domaine de la physique subnucléaire, cette avant-garde de la science qui s'attaque directement aux grands problèmes des lois fondamentales qui gouvernent la structure de la matière.

L'Organisation a son siège à Meyrin, près de Genève, en Suisse. Elle comprend deux laboratoires situés côte à côte et connus sous le nom de Laboratoire I et Laboratoire II.

Le Laboratoire I existe depuis 1954. Son programme repose sur l'utilisation de deux accélérateurs de protons: un synchro-cyclotron de 600 MeV (SC) et un synchrotron de 28 GeV (PS). De grands anneaux de stockage à intersections (ISR) sont alimentés avec des protons fournis par le PS pour des expériences effectuées avec des faisceaux de collision. Des savants d'un grand nombre d'universités européennes, ainsi que du CERN lui-même, prennent part aux expériences et on estime que 1500 physiciens environ sont tributaires du CERN pour leurs recherches.

Le Laboratoire I couvre approximativement 80 hectares répartis de façon presque égale de part et d'autre de la frontière franco-suisse. L'effectif total s'élève à environ 3100 personnes et on compte, en outre, quelque 1000 boursiers et attachés scientifiques. Douze pays européens contribuent, au prorata de leur revenu national net, au budget du Laboratoire I, dont le montant total s'élève à 391,1 millions de francs suisses pour 1974.

Le Laboratoire II du CERN qui vit le jour en 1971, est financé par 11 pays; un synchrotron à protons souterrain (SPS) pouvant fournir une énergie maximale de 400 GeV est en construction.

Le Laboratoire II est également à cheval sur la frontière franco-suisse, avec 412 hectares en France et 68 hectares en Suisse. Son budget pour 1974 est de 227,1 millions de francs suisses et son effectif total s'élève à 350 personnes plus 10 attachés scientifiques.

COURRIER CERN est publié mensuellement par le CERN en français et en anglais. Il est distribué gratuitement au personnel du CERN et aux personnes qui s'intéressent à la physique subnucléaire.

Les articles peuvent être reproduits sous réserve de mention COURRIER CERN. La plupart des illustrations peuvent être fournies gratuitement aux rédactions.

Les annonces sont publiées sous la seule responsabilité des annonceurs.

Rédacteur en chef: Brian Southworth
Rédacteurs: Henri-L. Felder
Michel Darbin

Annonces: Micheline Falcicola
Photographies: PIO-CERN

Service d'information du public
CERN, 1211 Genève 23, Suisse
Tél. (022) 41 98 11 / Télex 23 698

Imprimé par:
Presses Centrales Lausanne S.A.
1002 Lausanne (Suisse)

Sommaire

Commentaire sur la Réunion de technologie	111
Brèves informations sur certaines des présentations techniques classées par catégories:	
Faisceaux et rayonnement	112
<i>Analyseur de faisceau à ionisation pour l'observation d'un faisceau de protons; chambres proportionnelles multifils pour enregistrement de rayons X et de gammas; calorimètre pour la mesure de faibles doses de rayonnement</i>	
Cryogénie et supraconductivité	114
<i>Réalisation d'aimants « permanents » en utilisant des cylindres supraconducteurs; cavités haute fréquence supraconductrices; transfert efficace d'hélium liquide; joint élasto-plastique pour emploi aux très basses températures</i>	
Traitement des données	116
<i>Enregistrement des données en sortie sur microfilm; panneau à touches employé dans la commande par ordinateur des accélérateurs; processeurs câblés spéciaux permettant d'accroître les vitesses d'analyse des données</i>	
Electronique	118
<i>Système compact d'échelles de comptage pour l'acquisition de nombreuses mesures dans le temps; convertisseur analogique numérique à vitesse élevée; étalon de tension très précis et stable; condensateur rotatif pour le système HF du synchro-cyclotron</i>	
Aimants et électricité	120
<i>Câble souple refroidi par circulation d'eau pour les alimentations des aimants; mesures de champ magnétique très automatisées; commutateur haute tension très rapide; septum électrostatique à plan de fils pour le SPS</i>	
Photo et systèmes optiques	122
<i>Caméra à grande vitesse pour chambres à bulles; caméras de télévision à tube Plumbicon pour chambres à étincelles optiques; instruments automatiques de métrologie pour mesures de longueurs et d'angles; caméras de télévision-radiorésistantes</i>	
Vide	124
<i>Le système à ultravide des ISR; étude des propriétés des matériaux sous vide en vue de réduire le dégazage; cryopompe à condensation assurant un vide dans la gamme 10^{-13} torr</i>	
Techniques d'atelier et mécanique générale	126
<i>Travaux de tôlerie avec spécifications exceptionnelles; soudage par faisceau d'électrons de différents matériaux; usinage classique, en particulier pour la production de circuits imprimés; télémanipulation à l'aide d'un téléopérateur</i>	
Nouvelles des autres Laboratoires	
OXFORD: Naissance du système de détection ISIS	128
<i>Nouvelle application de la technique des chambres à dérive et des mesures de pertes par ionisation en vue de l'identification des particules</i>	
ORSAY: Mise en service d'ISOCELE	129
<i>Première exploitation du séparateur pour l'étude des isotopes de courte vie</i>	
BATAVIA: Intensité record	129

Photographie de couverture: Cet étrange oiseau en vol est le résultat d'études sur le mouvement des particules chargées en fonction des forces électromagnétiques extérieures ou produites par le système. Les équations correspondantes s'appliquent également aux phénomènes astronomiques et à la commande. Ces travaux, effectués en collaboration avec le LAAS de Toulouse, ont été présentés au CERN, avec des centaines d'autres, dans le cadre d'une Réunion sur la technologie associée à la physique des hautes énergies, qui s'est tenue du 24 au 26 avril. Ils sont décrits dans la note D20 (Solutions de grande amplitude pour des systèmes dynamiques non linéaires), et seront publiés dans les actes du Congrès ISIP de 1974. (I. Gumowski peut fournir des renseignements complémentaires.)

Commentaire

Du 24 au 26 avril s'est tenue au CERN une « Réunion sur la technologie associée à la physique des hautes énergies ». Plus de 300 personnes, comprenant des industriels, des spécialistes de la recherche appliquée, du personnel supérieur des universités et grandes écoles, des journalistes scientifiques, etc. étaient invitées à participer trois jours durant à des réunions qui ont fait le point sur la technologie avancée. Elles eurent également la possibilité de visiter une exposition de plus de 250 sections de l'équipement portant sur les techniques mises en œuvre dans le programme européen de physique des hautes énergies.

Le CERN a pour principale mission de mettre à la disposition des spécialistes européens des installations de premier ordre pour la recherche en physique subnucléaire. Il est de ce fait un puissant stimulant et contribue à assurer le haut niveau de la physique en Europe et la qualité de l'enseignement scientifique dans les universités auxquelles appartiennent la plupart des physiciens utilisateurs du CERN. Les nouvelles connaissances et la formation dispensées donnent la mesure des résultats. A cet égard, le CERN supporte favorablement la comparaison avec tout autre Laboratoire existant et cette activité majeure se poursuit sur une grande échelle.

Un autre objectif, qui fut même prédominant à l'époque des débuts du CERN il y a vingt ans, est la concertation des efforts de nombreux pays européens en vue de réalisations communes. Cet objectif reste valable de nos jours et ici également les résultats sont réconfortants. L'Organisation a toujours pu compter sur le soutien de personnes aussi lucides que compétentes (tant au niveau des gouvernements des Etats membres qu'au sein de la communauté des physiciens des hautes énergies) et qui ont su promouvoir l'esprit européen.

S'il est légitime d'être satisfait de la manière dont sont remplies ces tâches essentielles, il peut cependant y avoir des domaines où le CERN a une contribution à apporter et où son activité n'est pas encore très marquée.

Tel est par exemple le cas de la technologie. La physique des hautes énergies implique une technologie avancée, largement diversifiée et, bien que chacun puisse consulter les travaux effectués au CERN, on n'a guère cherché jusqu'à présent à diffuser ces connaissances en Europe dans les milieux qui pourraient les mettre à profit.

Ce souci est à l'origine de la Réunion d'avril. Dressant une sorte de bilan, le CERN a montré aux participants un grand nombre de ses réalisations dans le domaine de la technologie en relation avec le programme européen de physique des hautes énergies. On a mis l'accent sur une présentation objective, sans chercher à préjuger des applications possibles. On ne sait en effet si ces réalisations technologiques pourront être utiles à de nombreuses industries et l'un des buts de la Réunion a été précisément de déterminer ce degré d'intérêt. De toute façon, on aura accompli un effort positif afin de mieux faire connaître à l'extérieur les techniques et les possibilités qui ont été exploitées.

Cet essor ne s'est d'ailleurs pas limité au domaine restreint du CERN. Le développement en Europe de la physique des hautes énergies a créé des besoins technologiques. Pour y répondre, il a fallu le concours des spécialistes du CERN, de leurs collègues des universités et Laboratoires nationaux, et de nombreuses branches de l'industrie européenne.

Une autre difficulté en ce domaine est de savoir dans quelle mesure la collaboration avec les Laboratoires permet à l'industrie de perfectionner ses techniques, de créer de nouveaux produits, d'améliorer les produits existants, etc. On a parfois avancé, comme raison supplémentaire de financer la physique des hautes énergies, que l'industrie gagne beaucoup des efforts qu'elle doit faire pour repousser toujours plus loin les limites des possibilités technologiques, face aux exigences extrêmes de la recherche la plus développée. Toutefois, personne n'a encore fourni de chiffres à l'appui de cette thèse. Le CERN a entamé une

étude qui, quoique très incomplète, semble montrer que la collaboration aux projets du CERN permet souvent à l'industrie de réaliser par la suite un profit économique dans des conditions qu'il eût été difficile de prévoir. Il est d'autre part certain que la technologie créée ou développée au CERN trouve parfois des applications immédiates ailleurs.

Il se peut donc que la Réunion d'avril marque une étape importante dans la diffusion des connaissances technologiques résultant de la physique des hautes énergies. Il sera intéressant de voir si certains aspects de nos relations avec l'industrie et les gouvernements méritent une plus grande attention, compte tenu des perspectives ouvertes par la Réunion.

Le programme de la Réunion comprenait en matinée des conférences de caractère général, les après-midi étant consacrées à la visite de l'exposition.

Ces conférences faisaient le point sur les sujets suivants: déflecteurs magnétiques et électrostatiques (W.C. Middelkoop), détecteurs de particules (G. Charpak), supraconductivité (D. Thomas, Laboratoire Rutherford), ultra-vide (E. Fischer), cryogénie (M. Firth), réalisation de projets pour les hautes énergies au CERN (C.J. Zilver-schoon), ordinateurs de commande (M. Crowley-Milling), rayonnement synchrotronique (C. Kunz, Laboratoire DESY), recherche de la haute précision sur des structures de grande dimension (J. Gervaise), traitement des données expérimentales (H. Davies). En outre, en soirée, une conférence de L. Van Hove a porté sur « Ce que nous ont appris les accélérateurs de haute énergie ».

Quant au matériel exposé, il était réparti en huit groupes.

Les pages ci-après sont consacrées aux différents sujets traités et contiennent de brefs renseignements sur quelques-uns seulement des matériels exposés. Chaque matériel exposé correspond à une « note technologique »; son numéro (par exemple B14) est indiqué lorsqu'il est fait mention de ce matériel. On peut obtenir ces notes auprès du PIO du CERN.

Faisceaux et rayonnement

Cette rubrique recouvre une large gamme de technologies. Elle inclut les techniques relatives à la production de faisceaux à l'aide de sources d'ions (en cherchant à obtenir des faisceaux d'intensité élevée et de bonne qualité), à l'instrumentation pour le contrôle du faisceau (mesure de l'intensité, de la position, des dimensions du faisceau, étude de la distribution de densité), aux cibles (radioactivité, contrôle de la température, etc.), aux détecteurs de particules (scintillateurs en matière plastique, chambres à étincelles, compteurs Tchénkov, etc.), ainsi que les exigences particulières au contrôle du rayonnement sur le site des accélérateurs à haute énergie.

Afin de répondre aux divers besoins, on a mis au point une gamme de configurations différentes pour les dispositifs de surveillance des faisceaux: écrans fluorescents insérés dans le faisceau et observés par une caméra de télévision en circuit fermé, détecteur de profil de faisceau utilisé dans les anneaux de stockage à intersections, qui « voit » le faisceau par l'intermédiaire de l'ionisation d'un jet de vapeur de sodium injecté transversalement par rapport à l'enceinte à vide, ensemble de transformateurs de courant mesurant l'intensité du faisceau, emploi de chambres à émission secondaire dans lesquelles le nombre des particules percutant des feuilles minces peut être déterminé par observation des électrons arrachés au métal.

L'analyseur de faisceau par ionisation (B23, analyseur de faisceau par ionisation du gaz) collecte également des électrons et utilise une technique totalement non destructive pour recueillir des renseignements sur les dimensions du faisceau et la distribution correspondante de la densité des protons.

Cet analyseur (IBS) emploie les électrons produits par l'ionisation du gaz résiduel lors de la circulation du faisceau dans l'enceinte à vide. Le nombre d'électrons libérés par unité de volume est proportionnel au nombre de protons traversant ce volume. Il s'agit donc d'extraire les électrons de telle manière que leur « lieu de nais-

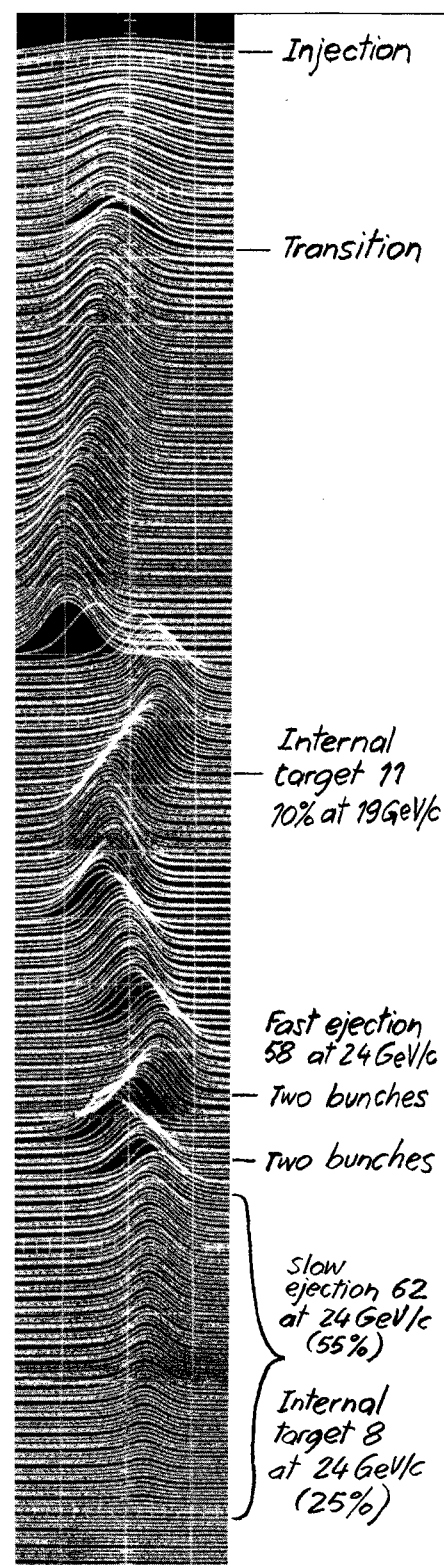
sance » soit connu. A cette fin, on utilise des champs électriques et magnétiques croisés.

Les champs électriques sont pulsés de façon qu'une ligne équipotentielle balaie transversalement l'enceinte à vide, en explorant la section droite à travers laquelle passe le faisceau. Un champ magnétique d'environ 200 gauss est appliqué dans la direction du faisceau, de sorte que les électrons libérés suivent une spirale enroulée autour de l'équipotentielle et parviennent à un multiplicateur d'électrons. Le signal qu'il reçoit varie donc suivant la position de l'équipotentielle et suivant le nombre d'électrons présents dans la région explorée par cette équipotentielle.

L'IBS fonctionne correctement pour des pressions de 10^{-8} à 10^{-1} torr. Au-dessus de 10^{-6} torr, en fonction de la fréquence de balayage par la ligne équipotentielle de la région traversée par le faisceau, il est possible d'obtenir des signaux adéquats sans employer un multiplicateur d'électrons. Cette fréquence peut varier entre zéro et 1 MHz lorsque la pression est de 10^{-5} torr, mais la limite supérieure est abaissée, à 1 kHz, à 10^{-8} torr. Avec des faisceaux de faible intensité (jusqu'à 10 mA) la précision des mesures de dimensions et de densité du faisceau peut être meilleure que 0,1 mm. (T. Dorenbos ou C.D. Johnson peuvent fournir des renseignements complémentaires).

La mise au point des chambres proportionnelles multifils (MPC), réalisée au CERN en 1968, a entraîné récemment de profondes modifications des techniques de détection de particules. L'élément essentiel de ces chambres est une structure plate, en « sandwich », comprenant trois plans de fils, avec remplissage des espaces interplanaires par un gaz spécial. Le plan central est formé de fils très minces (10 à 20 μm), sur lesquels est maintenue une haute tension continue, positive (3 à 4 kV). Lorsqu'une particule chargée traverse une chambre, elle ionise le gaz et, du fait de la présence d'un champ électrique intense autour du fil, l'électron libéré provoque une

Signaux fournis par un analyseur de faisceau à ionisation au cours d'un seul cycle d'accélération du PS s'étendant sur 1,2 s. Les pics indiquent la position du faisceau dans l'enceinte à vide, qui varie à la suite des diverses opérations d'emploi du faisceau sur des cibles internes et d'éjection du faisceau hors de la machine.

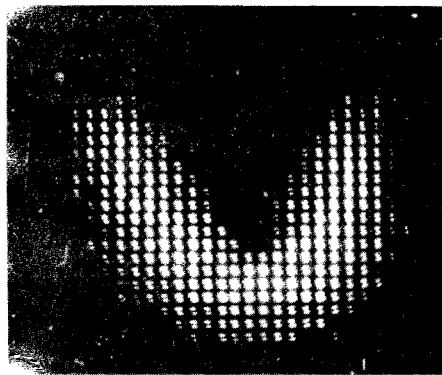


Performances des chambres proportionnelles multifils (MPC) utilisées comme détecteurs de rayons X et gammas:

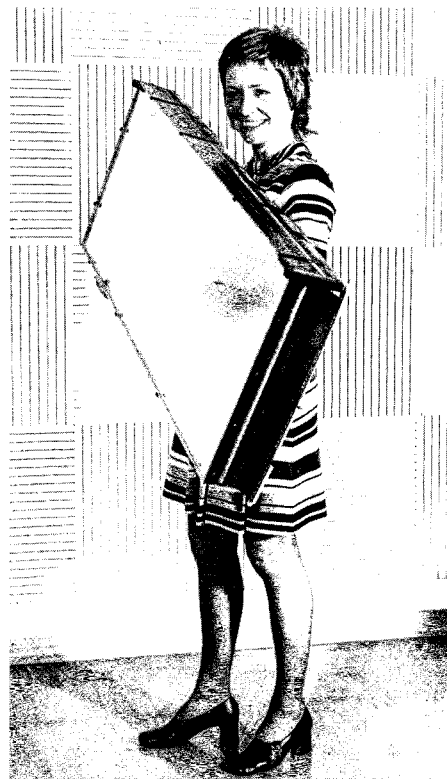
1. Photo de rayons X d'une feuille obtenue avec une MPC détectant le rayonnement X transmis. Un espacement de 1 mm entre les fils assure une bonne définition.
2. Une MPC détecte des gammas émis par des radioisotopes fixés dans une glande thyroïde, après qu'ils aient traversé un collimateur à grille.
3. Prototype de chambre proportionnelle multifils destinée au système de détection de l'aimant à champ fractionné (SFM) installé sur les ISR.



1.



2.



3.

CERN 90.2.71

avalanche d'électrons qui atteint le fil central situé le plus près de l'électron initial. La particule traversante peut donc être localisée à l'aide du signal saisi sur le fil central.

Une telle chambre permet des vitesses d'acquisition des données très élevées et elle possède d'autres propriétés qui la situent à l'avant-garde des détecteurs de particules actuellement utilisés. En général, on installe deux MPC en tandem. Un plan de fils central localise ainsi une particule par exemple dans la direction verticale, alors que le second plan central, dont les fils sont perpendiculaires à ceux du premier, assure la localisation dans la direction horizontale. Toutefois, une particule traversante produit non seulement un signal négatif sur le fil central, mais également un signal positif sur le plan de fils extérieurs qui attire les ions positifs qui se sont formés. Ce processus est plus lent, et de ce fait on préfère utiliser un ensemble de deux chambres pour les expériences de physique des hautes énergies. Le signal ionique offre toutefois la possibilité d'obtenir des informations sur la position de particules neutres de basse énergie (B34, chambres proportionnelles multifils comme détecteurs de rayons X et γ , sensibles à la position).

Habituellement, lorsque l'on essaie de mesurer de telles particules neutres, les particules secondaires produites par leurs interactions dans une chambre ne sortent pas de ce milieu en vue d'une détection par un second dispositif. Lorsque l'on emploie une MPC, avec des fils centraux et extérieurs perpendiculaires, il est possible d'utiliser les impulsions positives et négatives pour localiser la particule neutre incidente. Cette technique peut être employée pour photographier des rayons X ou pour détecter les rayons gamma émis par exemple par des isotopes injectés dans l'organisme humain.

Dans plusieurs hôpitaux, on étudie la détection des particules neutres à l'aide de MPC. Au CERN, on s'efforce d'améliorer la résolution spatiale susceptible d'être fournie par ces chambres, d'étendre les gammes d'énergie

utilisables et de réaliser la détection d'autres particules neutres, telles que les neutrons.

Des applications des MPC sont à prévoir tant pour la recherche en physique des hautes énergies que pour les études relevant de la médecine, de la biologie, de l'astronomie, de la cristallographie et de la physique de l'état solide (G. Charpak peut fournir des renseignements complémentaires).

Les problèmes de protection contre les rayonnements qui se posent autour des accélérateurs diffèrent en bien des aspects des problèmes analogues pour l'industrie de l'énergie nucléaire, qui ont été étudiés de manière approfondie.

On a construit un moniteur très compact qui mesure la dose de rayonnement total reçue en des points déterminés autour des accélérateurs. Il s'agit d'un calorimètre utilisant un élément absorbeur en résine époxy (B27, calorimètre pour dosimètre de rayonnement). Ce dispositif mesure l'énergie reçue par une éprouvette de masse, géométrie et composition connues. C'est d'ailleurs le seul procédé disponible pour obtenir une mesure absolue de la dose de rayonnement absorbée. De tels dispositifs sont couramment utilisés autour des réacteurs pour la mesure des niveaux de radiation atteignant 10^8 rad/h, qui produisent une élévation sensible de la température. On a mis au point des calorimètres permettant de mesurer de plus faibles doses: 10^6 rad/h. Autour des accélérateurs, on rencontre des niveaux de radiation très inférieurs à

ceux-ci, et il faut mettre en œuvre des techniques spéciales pour la détection de très faibles élévations de température.

Dans le calorimètre utilisé au CERN pour la dosimétrie des rayonnements, l'élément absorbeur est un petit cylindre en résine époxy de 30 mm de long et de 5 mm de diamètre, inséré dans une chemise en matière plastique conductrice de l'électricité. L'énergie absorbée est déterminée d'après l'élévation de température, elle-même mesurée à l'aide de thermistances. L'une d'elles est placée au centre du cylindre de résine époxy et forme l'une des branches d'un pont de Wheatstone. La tension de déséquilibre du pont est étalonnée en unités de dose absorbée qui est enregistrée en fonction du temps de manière à obtenir des renseignements tant sur le débit que sur la dose intégrée.

Le calorimètre peut accepter des doses intégrées de 2×10^2 à 2×10^5 rads, avec des débits d'au moins 5×10^3 rad/h. Il est utilisé pour étalonner d'autres dosimètres installés autour de l'accélérateur. Ce dispositif, à la fois sensible et complet, peut se révéler intéressant dans d'autres domaines dans lesquels on rencontre des doses de rayonnement relativement faibles, tels que dans les blocs de radiothérapie en milieu hospitalier, et dans les installations de stérilisation. (M.H. Van de Voorde ou K.P. Lambert peuvent fournir des renseignements complémentaires.)

Cryogénie et supraconductivité

Les techniques des basses températures sont utilisées depuis longtemps dans les laboratoires de physique des hautes énergies et notamment pour maintenir à l'état liquide de grands volumes d'hydrogène dans les chambres à bulles ou de petits volumes dans les cibles. Plus récemment, l'extension de ces techniques a permis de faire usage de la supraconductivité, afin de créer des champs magnétiques plus intenses. On a ainsi étudié les aimants supraconducteurs, excités en courant continu ou en régime pulsé, et les techniques de réfrigération connexes, afin d'établir les températures proches du zéro absolu, nécessaires pour que se manifeste la supraconductivité.

De très grands aimants supraconducteurs, alimentés en courant continu, ont été construits pour BEBC, la chambre à bulles européenne de 3,70 m, ainsi que pour le spectromètre Oméga, en faisant appel à une nouvelle technique de refroidissement forcé qui utilise un conducteur creux. D'autres aimants de courbure et quadripôles de focalisation, également exploités en courant continu, sont employés sur les lignes de transfert de faisceaux. Des aimants supraconducteurs pulsés sont en cours de mise au point dans les Laboratoires de Karlsruhe, Rutherford et Saclay, où une variété de prototypes ont été construits.

Le CERN s'est également intéressé à quelques aspects plus curieux de la technologie de la supraconductivité. Un blindage de champ supraconducteur (décrit dans le vol. 11, page 155) a été utilisé pour protéger des faisceaux de faible énergie contre des perturbations créées par le champ de fuite de la chambre à bulles de 2 m. Un cylindre supraconducteur empêche toute pénétration du champ magnétique à l'intérieur de son alésage dans lequel passent des particules. Cette propriété permet de créer une région en permanence exempte de champ, mais la propriété inverse peut être utilisée pour créer une région dans la totalité de laquelle se maintient un champ permanent. De tels dispositifs sont essayés au CERN (C25: ai-

mants supraconducteurs permanents).

Pour cette application, un cylindre de supraconducteur est placé dans un champ magnétique à une température assez élevée pour que l'état supraconducteur ne soit pas atteint et que le champ puisse directement pénétrer dans le cylindre et dans son alésage. Le tube est ensuite refroidi, et le champ magnétique extérieur est lentement ramené à zéro lorsque le cylindre est devenu supraconducteur. Cette masse s'oppose à la variation du champ car il y apparaît des courants induits qui maintiennent le champ à sa valeur initiale. Dans un conducteur normal, cet effet s'annulerait rapidement; dans un supraconducteur, qui offre une résistance nulle aux courants induits, il n'y a plus d'amortissement et le cylindre emmagasine le champ magnétique.

En appliquant différents champs magnétiques extérieurs, on peut créer des aimants supraconducteurs permanents avec diverses configurations du champ. Toutes précautions doivent être prises dans la construction afin que les lignes du courant dû à la supraconductivité soient continues et que le refroidissement soit efficace. Au CERN, on a construit des modèles d'aimants permanents dipolaires et solénoïdaux, qui fournissent des champs stables allant jusqu'à 2,5 T pour un supraconducteur niobium-titane et 4,5 T pour un alliage niobium-étain (E.U. HaebeI peut fournir des renseignements complémentaires).

La supraconductivité peut également être utilisée pour supprimer les pertes qui se produisent normalement dans les cavités haute fréquence (C16, cavités HF supraconductrices pour la séparation et l'accélération des particules). De telles cavités sont employées par paires pour séparer différents types de particules se déplaçant dans une ligne de faisceau. Par exemple, il peut être demandé de séparer des kaons négatifs ayant une impulsion de 5 GeV/c dans un faisceau contenant également des pions négatifs et des antiprotons. Un aimant sélectionnera les kaons en leur faisant subir une déviation déterminée mais,

étant donné que cette déviation est proportionnelle à l'impulsion, ce même aimant ne pourra pas séparer les kaons des pions de vitesse plus élevée et de masse plus faible, ainsi que des antiprotons de plus faible vitesse et de masse plus élevée. L'application de champs HF provoque une déviation de toutes les particules dans une première cavité. Ensuite, du fait des différences de temps liées aux différences de vitesses, on obtiendra des déflexions différentes pour les diverses particules traversant une seconde cavité placée à une dizaine de mètres en aval de la première. De cette manière seules des particules bien déterminées poursuivront leur trajet dans la ligne de faisceau.

Lorsqu'on utilise des cavités classiques en cuivre, il faut appliquer des impulsions de puissance HF de l'ordre du mégawatt. Du fait des fortes pertes HF, ces impulsions ne peuvent durer que quelques microsecondes. Les cavités supraconductrices permettent d'opérer en courant continu avec des pertes de puissance atteignant seulement 30 W par cavité; on peut alors utiliser de plus longues impulsions de faisceau. Ces cavités, de structure assez compliquée, sont réalisées en niobium ou en plomb; elles présentent des facteurs de qualité très élevés (10^8 à 10^{10}). Des cavités en niobium sont construites pour le CERN à Karlsruhe; une nouvelle technologie pour l'usinage et le soudage de ce métal a dû être mise au point, étant donné l'importance de la haute qualité des états des surfaces. On respecte un programme déterminé de traitement superficiel, de polissage électrolytique, d'anodisation et de traitement thermique sous ultravide.

Un séparateur HF supraconducteur qui fournira des particules sélectionnées au spectromètre Oméga est en cours de construction et sera prêt pour l'entrée en service du SPS. La fréquence de travail est de 2855 MHz (bande S). Il comporte deux déflecteurs en niobium à iris, de chacun 3 m de long. Un déflecteur est assemblé en utilisant cinq sections séparées chacune de 20 cellules, usinées à par-

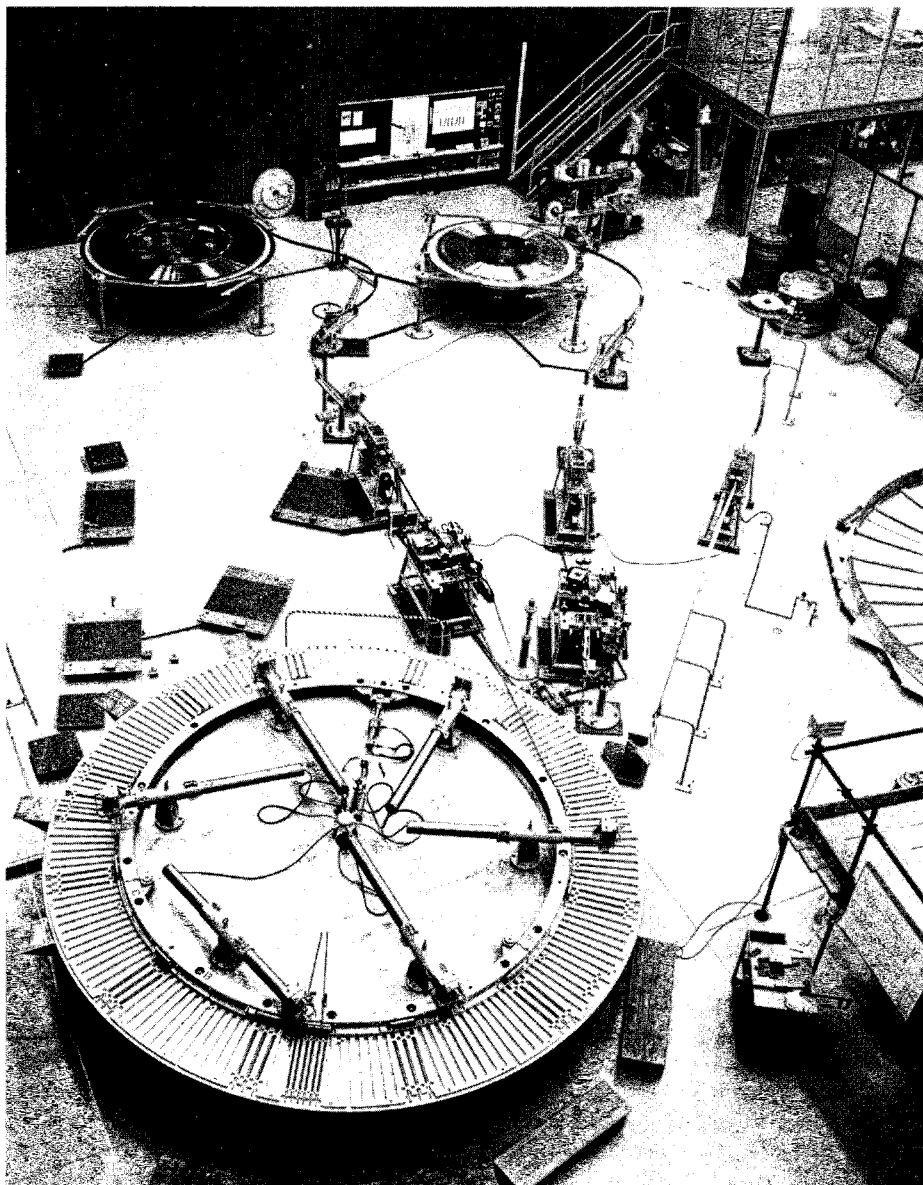
Profusion de tambours au cours de l'enroulement des bobines supraconductrices de l'aimant de BEBC, la chambre à bulles européenne de 3,70 m (C23, atelier de bobinage pour un grand aimant). En plus du ruban supraconducteur, on bobine simultanément les éléments de renforcement mécanique, les espaceurs permettant la circulation de l'hélium et l'isolement. Une précision exceptionnellement élevée est exigée pour cette construction (F. Wittgenstein peut donner des renseignements complémentaires).

tir de niobium de haute pureté (99,98 %) et soudées par faisceau d'électrons sur leur circonférence extérieure. Ces déflecteurs sont conçus pour fournir des champs de déflexion de 2 MV/m (H. Lengeler).

Compte tenu du développement de l'emploi des systèmes supraconducteurs, il devient important de réaliser une circulation efficace de l'hélium liquide assurant la basse température nécessaire pour le maintien de l'état supraconducteur. Ce même problème se pose pour tout synchrotron supraconducteur, qui exigera sans doute des réfrigérateurs répartis autour de l'anneau, chacun d'eux alimentant en hélium les cryostats de plusieurs aimants. La circulation du frigoporteur constitue également un aspect crucial de la construction des lignes de distribution d'énergie pour les réseaux électriques.

Plusieurs types de lignes de transfert ont été mis au point (C10: lignes de transfert d'hélium liquide avec gaine anti-rayonnement, refroidie par la vapeur). Une ligne classique, avec enceinte à vide, équipée seulement d'une gaine isolante réfléchissante afin de réduire l'apport de frigories, permet un important transfert de chaleur entre le milieu ambiant et l'hélium et exige, de ce fait, l'emploi d'une puissance de réfrigération supplémentaire. Les lignes construites au CERN mettent à profit l'inévitable vaporisation de l'hélium lorsque le liquide est soumis à la différence de pression à l'entrée du cryostat (en général, cette vaporisation porte sur 5 % de la phase liquide). Si cette vapeur est recyclée à travers un tube qui entoure la conduite dans laquelle s'écoule le liquide, avec un espace vide séparant les deux courants, elle peut alors absorber la quasi-totalité de la chaleur fournie par le milieu ambiant.

On a construit des lignes rigides, en utilisant un alliage fer-nickel pour minimiser les différences de contraction thermique entre les divers éléments, et des lignes semi-flexibles en employant des tubes en aluminium pur, ductile et des chemises ondulées



CERN 12.2.70

avec vide intermédiaire. Leur construction mécanique fait appel à des méthodes spéciales (D. Leroy ou M. Firth peuvent fournir des renseignements complémentaires.)

Indépendamment des propriétés spécifiques que les matériaux, pour applications cryogéniques, doivent présenter, il leur est également demandé de conserver ces mêmes caractéristiques au voisinage du zéro absolu.

Un exemple est fourni par le joint utilisé au bas de la chambre à bulles BEBC (C21: joint élasto-plastique pour le fond de la chambre).

Dans ce cas, il s'agissait de réaliser un joint étanche entre le corps de chambre et la plaque de fond. Ce joint a un diamètre de 2 m. Il doit résister à une pression de travail de 6 kg/cm², à la température de 25° K (hydrogène liquide) et il ne doit pas se détériorer après plusieurs cycles thermiques de retour à la température ambiante. Ses caractéristiques doivent être telles que l'étanchéité se trouve assurée en présence d'imperfections locales

des surfaces pouvant atteindre 0,2 mm.

Le corps élastique du joint est en acier inoxydable (23% de chrome, 15% de nickel), laminé à froid. Il présente une section transversale en forme de C. Les dimensions et la forme ont été choisies d'après les travaux effectués à Saclay pour la chambre à bulles Mirabelle, actuellement en service à Serpoukhov. La partie plastique du joint, en contact avec les surfaces à étanchéifier, est en indium; elle est insérée dans une gorge. La déformation élastique du corps du joint exerce une pression sur la partie plastique qui épouse toutes les imperfections superficielles et permet un petit déplacement relatif des surfaces en contact.

BEBC utilise deux joints de ce type. Ils se sont révélés conformes aux spécifications et assez robustes pour résister à des démontages répétés des éléments de la chambre (S. Peraire peut fournir des renseignements complémentaires).

Traitement des données

Les installations du centre de calcul électronique du CERN, l'un des plus importants du monde. Le système est groupé autour d'un ordinateur CDC 7600, et il assure une importante fraction du traitement des données exigé pour l'analyse des résultats des expériences sur les particules.

Cette rubrique recouvre la plupart des utilisations particulières des ordinateurs au CERN. Cette question aux vastes implications a été analysée, par exemple, dans le numéro spécial du COURRIER CERN de mars 1973. Notre centre de calcul, l'un des plus importants à l'échelle mondiale, est organisé autour d'un ordinateur CDC 7600, avec deux autres calculateurs CDC utilisées comme ordinateurs d'entrée-sortie. Ce centre effectue la majeure partie de l'analyse des données expérimentales. Il travaille 24 heures sur 24, sept jours par semaine et traite hebdomadairement plus de 10 000 tâches fournies par plus de 500 utilisateurs.

Viennent s'ajouter cent autres ordinateurs répartis à travers le site. Certains d'entre eux sont de puissantes machines: le CII 10070 connecté en ligne au spectromètre Oméga et au système de détection utilisant l'aimant à champ fractionné (SFM). D'autres sont de petits ordinateurs, tels les modèles PDP 11 affectés à un emploi en ligne pour une seule expérience ou pour des équipements particuliers d'analyse des films de chambres à bulles. Les ordinateurs sont utilisés pour l'acquisition des données, la surveillance des éléments, les calculs mathématiques, l'analyse des films de chambres à bulles, le calcul conversationnel pour la résolution de problèmes ou l'étude technique de composants, la commande des accélérateurs ou la gestion administrative. Nous analyserons quelques-unes des questions évoquées au cours de la réunion en ne revenant pas sur les principaux thèmes qui ont déjà été plusieurs fois présentés.

Indépendamment de la complexité des calculs, le nombre de cartes perforées lues par la machine (35 millions en 1973), le nombre de bandes magnétiques stockant les données (60 000 en 1973, avec un rythme d'augmentation assez préoccupant de 12 000 par an), et la masse de papier utilisée pour l'impression des résultats (30 millions de pages en 1973) donnent une idée du volume des calculs effectués par les ordinateurs

du CERN. La consommation de bandes magnétiques peut diminuer dans l'avenir car on cherche à développer l'emploi du microfilm (D30, sortie des résultats sur microfilm). Cette technique suppose un affichage préalable des résultats sur un écran d'oscillographe qui est ensuite photographié de manière à stocker l'information sur bande de film.

Un traceur sur microfilm Ferranti EP 140 a été installé en 1971; il est neuf fois plus rapide que les traceurs classiques à plume et trace d'encre. Pour établir un grand nombre de dessins ou de traces de dessins très compliqués, ce dispositif se révèle beaucoup plus efficace. Les tracés sont effectués soit sur film de 35 mm (développé dans une machine indépendante) soit sur des cartes photosensibles (développées dans le traceur lui-même). Ces cartes sont d'ailleurs beaucoup plus coûteuses. Les tracés sont observés à l'aide de lecteurs de microfilm et ils peuvent être reproduits sur un autre film, projetés sur un écran ou agrandis sur papier photographique.

On a mis en service récemment un enregistreur de microfiches NCR Quantor 105. Actuellement, il est exploité de manière indépendante et alimenté par les bobines de bande magnétique enregistrées sur l'ordinateur CDC 7600 dont les signaux sont transférés sur une microfiche à une vitesse atteignant 10 000 lignes par minute (cadence environ 10 fois plus élevée que celle d'une imprimante par ligne); il est prévu de la relier directement au 7600 afin de

réduire les manipulations de bandes. Un rouleau de film comprend 200 microfiches de 147×105 mm. Après exposition, le film est développé et coupé dans la machine Q-105 et le résultat est disponible moins d'une minute après que l'ordinateur ait transmis les données.

Il est possible d'utiliser différents rapports de réduction; on peut obtenir ainsi un maximum de 270 clichés indépendants (à 18 lignes et 15 colonnes) sur une seule fiche. La ligne supérieure est enregistrée avec des caractères de taille suffisante pour permettre une lecture à l'œil nu et le cliché inférieur droit porte l'indexation de la fiche.

Une fiche comportant plus de 50 reproductions est plus économique qu'un listage sur papier. Elle est plus facile à stocker (une enveloppe renfermant dix fiches contient autant d'informations qu'une brochure de 22 cm d'épaisseur!); il est aisé d'en faire une copie et de la diffuser (D. Stungo peut fournir d'autres renseignements).

Il faut relever que la commande des accélérateurs par ordinateur n'est que depuis peu utilisée sur une large échelle. Toutefois, ces techniques se sont imposées rapidement et la commande du futur SPS sera entièrement assurée par une série de petits ordinateurs inter-reliés. Le système adopté pour le SPS représente un nouveau progrès pour un grand nombre de techniques ayant trait à la commande par ordinateurs. Il utilisera de nouveaux dispositifs insérés dans le pupitre de commande à la disposition de l'opérateur.



CERN 161.11.73

Sourire au travers d'un écran mis au point pour l'installation de commande du SPS. Des condensateurs, dont la valeur change dans de grandes proportions lorsqu'on les touche, sont gravées de façon presque invisible sur cet écran. Elles forment quatre rangées de quatre boutons et l'ordinateur écrit le titre de chaque bouton sur un tube cathodique placé derrière l'écran. On peut ainsi faire varier à volonté un nombre quelconque de paramètres car l'ordinateur peut appeler les commandes appropriées et récrire les titres des boutons. Cet écran peut ainsi remplacer, sur une seule console de manœuvre, la multitude de commandes que l'on rencontre dans une salle de commande classique.

Nous citerons en particulier un panneau permettant à l'opérateur d'appeler sur un seul pupitre toutes les fonctions de commande qu'il souhaite mettre en œuvre (D26, boutons « tactiles »). On cherche ainsi à condenser les centaines de commandes qui encombreront toute salle de commande classique de manière à ce que le pupitre se trouve confronté avec les seules informations qui lui sont nécessaires pour mettre en œuvre une fonction de commande déterminée.

Ce panneau est une feuille de verre dans laquelle sont insérés des condensateurs à mince armature de cuivre. La proximité d'un conducteur plan, tel que l'extrémité d'un doigt, accroît fortement la capacité. De ce fait, en appuyant sur le panneau en un point déterminé il apparaît un signal électrique qui permet de sélectionner le condensateur concerné. Ces condensateurs sont disposés sous la forme de boutons en quatre rangées de chacune quatre éléments et, conformément aux instructions de l'ordinateur, un tube de télévision placé en arrière du panneau peut légèrer chacun des boutons. Toute interaction entre deux condensateurs voisins se trouve supprimée par un circuit de mise à la masse des parties non en service.

Le panneau est fabriqué en utilisant les techniques classiques des circuits imprimés, mais des précautions particulières sont nécessaires étant donné que les conducteurs comprenant les condensateurs et les connexions n'ont que 80 μm de large. Une pulvérisation ionique déposant lentement le cuivre assure une adhérence suffisante sur le verre. Un mince plaquage à l'or est appliqué pour la protection contre la corrosion et un mince revêtement transparent, incorporé à la plaque de verre, évite tout contact réel entre le doigt et les condensateurs.

La capacité est d'environ 200 pF et elle s'accroît de près de 10 % à l'approche du doigt. Chaque condensateur est inséré dans un circuit oscillant à asservissement de phase, réalisé sous forme de pastille de circuit imprimé, dont la fréquence est de 120 kHz. Ce circuit est asservi à un



CERN 122.4.73

oscillateur de référence (une autre pastille), de sorte que toute modification de la capacité entraîne un déphasage détectable. Certains de ces panneaux à boutons « tactiles » sont actuellement fabriqués par la société Ferroperm. (F. Beck peut fournir des renseignements complémentaires.)

Les vitesses d'acquisition des données extrêmement élevées qui sont actuellement possibles avec les chambres proportionnelles multifils (MPC) et les chambres à dérive soulèvent le problème de l'analyse d'énormes quantités de données. Quelques secondes d'exploitation du système de détection par MPC installé dans l'aimant à champ fractionné (SFM) des ISR suffisent pour submerger pendant une heure le grand centre de calcul du CERN. Il semble peu intéressant de pouvoir saisir l'information cent fois plus vite qu'il y a quelques années si les techniques de traitement des données ne progressent pas au même rythme. Heureusement, de nouveaux processeurs ont été récemment mis au point, et ils pourront supprimer ce goulet d'étranglement. (D48, processeurs câblés spéciaux pour traitement des données de chambres à fils.)

Une importante fraction des tâches d'analyse antérieurement effectuées par un puissant ordinateur non spécialisé sont en fait assez simples et de nature répétitive. Avec un champ magnétique et une batterie de chambres proportionnelles multifils, il s'agit par exemple de problèmes de reconnaissance topologique: identification non équivoque des conditions de traversée d'un détecteur par des par-

ticules et tracé des trajectoires à l'intérieur du système. La structure d'un ordinateur classique complique la résolution d'un tel problème. Il est alors préférable de confier cette tâche bien définie à des processeurs câblés qui n'ont pas besoin de suivre une démarche séquentielle pour les calculs. Ils peuvent utiliser au maximum le parallélisme inhérent au problème en se basant sur une logique programmable qui assure une exécution en parallèle de toutes les instructions du programme.

Pour la recherche des points et des trajectoires, il a été découvert que des processeurs câblés spéciaux (utilisant une logique TTL normale avec intégration à moyenne échelle) sont 40 fois plus rapides qu'un ordinateur CDC 7600 traitant un programme rédigé en Fortran. En employant des mémoires adressables par le contenu, on pense que les performances de ces processeurs pourront être améliorées dans un proche avenir (C. Verkerk peut fournir des renseignements complémentaires).

Electronique

Les techniques de pointe en électronique sont mises à contribution dans tous les domaines de la recherche scientifique moderne. Au CERN, elles interviennent dans presque toutes les activités, depuis l'exploitation des accélérateurs jusqu'à la saisie des données expérimentales et à leur analyse ultérieure. Le volume des équipements électroniques est très important mais ils sont, dans une large mesure, standardisés à la suite de la mise au point du système NIM et, plus récemment, du système CAMAC (cf. vol. 8, page 314). Cette standardisation apporte une véritable simplification tant pour les utilisateurs que pour l'industrie des composants électroniques.

Le CERN exige, entre autres, des vitesses très élevées car les mesures sur les particules à haute énergie se réalisent à l'échelle de la nanoseconde. Par exemple, les nouveaux détecteurs, tels que les chambres proportionnelles multifils et les chambres à dérive, saisissent à un rythme exceptionnellement élevé les données relatives aux interactions entre particules et la vitesse de l'électronique associée conditionne dans une large mesure leurs performances. D'une manière générale, la physique des hautes énergies exige sans cesse une instrumentation toujours plus rapide. C'est l'un des premiers domaines dans lesquels les circuits intégrés ont été utilisés à large échelle et pour lesquels il a fallu concevoir des dispositifs de commutation ultra-rapide, avec des vitesses de l'ordre de la nanoseconde ou même d'un ordre inférieur.

Comme exemple d'instrumentation mise au point pour des besoins particuliers, nous citerons un dispositif appelé Digitron qui sera utilisé dans l'expérience « g-2 » (E24, enregistreur de temps multicanaux Digitron). Cette expérience exige une étude temporelle très précise des électrons qui proviennent de la désintégration des muons circulant dans un petit anneau de stockage. A partir de ces mesures, et par différentes étapes intermédiaires qui constituent réellement de la « belle » physique (cf.

vol. 6, page 152), il est possible de déduire la valeur de g-2 pour le muon avec une précision de quelque dix millièmes et ainsi de tester rigoureusement la validité de la théorie de l'électrodynamique quantique et d'explorer la nature du mystérieux muon.

De nombreuses mesures de temps sont nécessaires et les systèmes classiques d'échelles de comptage seraient à la fois compliqués et coûteux. Le Digitron résout ces difficultés en utilisant seulement quatre échelles de comptage et une mémoire tampon. Il peut effectuer 200 mesures de temps avec une précision de ± 5 ns. La précision temporelle est assurée par une horloge à quartz, vibrant en permanence à la fréquence de 100 MHz. Les impulsions sont comptées par un registre à décalage avec remise à zéro, qui affiche un seul bit et trois zéros. Par conséquent, à un instant donné, seule une des échelles de comptage est active. L'arrivée d'un signal dû à un électron détecté arrête l'échelle de comptage, ce qui permet d'enregistrer un intervalle de temps. Le registre à décalage active alors l'échelle de comptage suivante. Le décalage se produit entre deux impulsions d'horloge ce qui évite de perdre un coup. A cette fin, les signaux à l'entrée passent également à travers un quantificateur temporel qui les affecte à la prochaine tranche de temps de 10 ns.

Lorsqu'une échelle de comptage est arrêtée, l'information temporelle qu'elle contient est dirigée vers une mémoire tampon. Le transfert exige 500 ns. Par conséquent, plusieurs échelles de comptage peuvent être en attente de transmission de leur information à la mémoire. Toutefois, dans la plupart des applications, la probabilité pour que les quatre échelles de comptage soient ainsi occupées reste très faible. (I. Pizer peut fournir des renseignements complémentaires.)

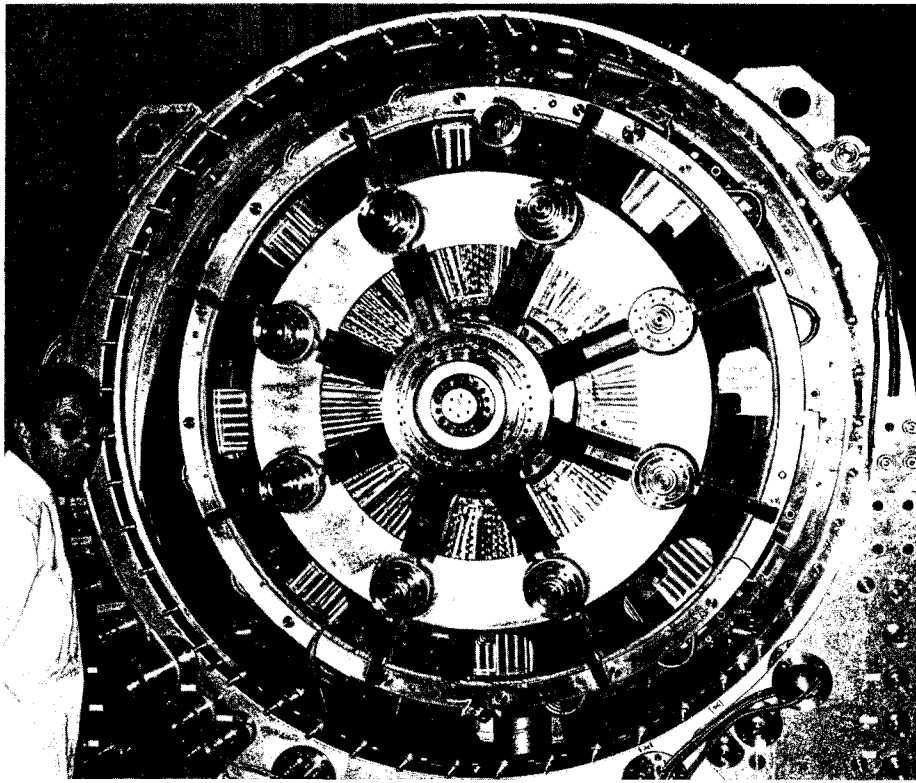
L'emploi sans cesse amélioré de l'électronique dans les équipements d'analyse des données se trouve illustré par un convertisseur numérique-analogique spécial, conçu pour le système ERASME qui mesure les

traces sur des films enregistrés avec BEBC, la chambre à bulles européenne de 3,70 m. Pour la recherche des traces, ERASME utilise un spot de balayage fourni par un tube à rayons cathodiques, qui explore le film sous l'action de deux bobines de déviation. Des convertisseurs numériques-analogiques (CNA) à hautes performances contrôlent les courants dans les deux bobines (E12, convertisseur numérique-analogique à vitesse élevée de 16 bits, et suppresseur digital de parasites transitoires).

Comme il est facile de se procurer des CNA de 12 bits sur le marché, il a été décidé de construire les dispositifs requis à 16 bits en ajoutant des éléments étudiés et fabriqués par le CERN pour la prise en compte des 4 bits de poids le plus élevé. Le convertisseur complet comprend donc un CNA haute vitesse de 12 bits, une tension de référence à très haute stabilité, quatre commutateurs rapides, un réseau de résistances de haute stabilité (utilisant la technologie des films métalliques) et un amplificateur à vitesse rapide de variation de la tension de sortie et temps de réponse très court.

Avec 16 bits, on peut obtenir une précision de 1/65000, correspondant à 150 μ V pour une tension de sortie de 10 V, mais des précautions spéciales doivent être prises pour atteindre ce résultat. Il faut employer un CNA de 12 bits avec faible transmodulation entre les signaux numériques et analogiques et, à l'intérieur du convertisseur lui-même, on doit étudier avec beaucoup de soin le positionnement des composants et la distribution des masses. Il convient aussi de minimiser le bruit gaussien et le rayonnement électromagnétique et d'assurer la stabilité thermique.

Il est également important de supprimer les parasites transitoires, qui sont des déformations du signal de sortie se produisant lorsque de nombreux bits sont simultanément changés dans le CNA. On a construit un suppresseur digital de parasites qui résout ce problème en introduisant des retards entre un compteur synchrone



Le condensateur rotatif, qui sera utilisé pour fournir la puissance HF alimentant le synchro-cyclotron de 600 MeV, permettra d'accélérer un faisceau de protons d'intensité plus élevée. La capacité de ce condensateur varie au cours du temps de manière à couvrir la gamme des fréquences de 30 à 17 MHz. Il peut fournir une puissance HF atteignant 50 MVA. Les problèmes d'électronique et de mécanique posés par sa construction se sont révélés difficiles à résoudre.

et le CNA afin de compenser les délais propres à chaque bit et l'asymétrie des flancs positifs et négatifs (J.C. Wolles peut fournir des renseignements complémentaires.)

Un autre CNA de 16 bits est utilisé dans une application différente, aux anneaux de stockage à intersections (E10, source de référence, de précision). On a besoin d'une tension de référence très précise et de haute stabilité pour les alimentations des aimants des ISR, étant donné que la stabilité des courants dans les aimants est un facteur essentiel dont dépend la qualité des performances des ISR.

La source de référence peut être utilisée dans toute application pour laquelle il est exigé des performances exceptionnellement élevées de l'alimentation. Elle est conçue sous la forme d'un bloc autonome qui peut être directement inséré dans tout système muni d'un réglage local ou d'un télécontrôle par ordinateur. Aux ISR, l'ordinateur de commande transmet ses spécifications sous forme de signaux numériques et le bloc les transforme en une tension de référence analogique.

Ce dispositif électronique utilise exclusivement des semiconducteurs et ne comporte aucun élément mécanique mobile. Sur la gamme 10-0 V, la tension de sortie peut varier par échelons de 150 μ V, ce qui correspond à une sélection de la tension de référence avec une précision de 15×10^{-6} . Comme dans le cas du CNA mentionné plus haut, des précautions spéciales doivent être prises dans l'étude et la construction afin d'obtenir une telle

précision. Il a même fallu prendre des mesures complémentaires pour réduire les variations de sortie en fonction de la température jusqu'à $7,5 \times 10^{-6}$.

Pour améliorer la précision de la commutation, on fait appel à une nouvelle technique récemment développée par l'industrie aéronautique. Entre les positions « ouvert » (ON) et « fermé » (OFF), les composants électroniques n'établissent pas une différence aussi nette que les relais mécaniques mais, si dans un réseau de résistance on utilise de tels composants en parallèle en position de « shuntage » plutôt qu'en série, on peut obtenir des erreurs de commutation inférieures à 1×10^{-6} . Une seconde technique récente consiste à compenser les variations dues à la température en modifiant dans le sens inverse la tension de référence primaire de 10 V. Si des températures plus élevées ont tendance à augmenter la tension de référence en sortie, on abaisse la tension de référence primaire afin de stabiliser cette sortie. La précision de la stabilité obtenue est supérieure à 4×10^{-6} sur une gamme de 30°C. (J. Pett peut fournir des renseignements complémentaires.)

Parallèlement au monde miniaturisé des circuits intégrés à transistors, le CERN s'intéresse aux systèmes électroniques de grand gabarit, en particulier pour construire des systèmes HF à puissance élevée, utilisés pour l'accélération des particules chargées. L'équipement le plus récent qui appartient à cette catégorie est le condensateur rotatif qui doit être inséré dans

le système haute fréquence du synchro-cyclotron de 600 MeV, actuellement en cours d'amélioration (E28, le nouveau système HF du SC: caractéristiques technologiques essentielles de son condensateur rotatif).

Ce condensateur doit fournir une capacité variable dans le temps grâce à un rotor comportant trois rangs de seize dents qui se déplacent entre quatre rangées de lames du stator et la puissance traitée doit pouvoir atteindre 50 MVA. Le jeu entre le rotor et le stator varie entre 1,1 et 4 mm, avec une tolérance de 0,1 mm. Le rotor tourne à la vitesse de 2200 t/mn.

Le CERN et la firme AEG se sont heurtés aux problèmes de construction d'un tel dispositif qui doit travailler dans un vide poussé, sans vapeurs d'hydrocarbures, et dans des champs HF élevés. Le système, y compris le rotor, doit être nécessairement refroidi par circulation d'eau. Compte tenu des phénomènes HF, le rotor ne peut être monté que sur un arbre en porte-à-faux, de manière à ce que l'une de ses faces reste libre. Les tolérances mécaniques élevées ont nécessité l'emploi de roulements à billes précontraints qui doivent être lubrifiés, refroidis et protégés contre les courants HF.

La lubrification et le refroidissement sont assurés par pompage d'huile, réalisé par un système centrifuge automatique actionné par le mouvement du rotor. L'huile ne doit pas pénétrer dans la région de vide poussé et il a fallu mettre au moins un joint spécial composite en acier-carbone-céramique. Le problème de la circulation des courants HF dans les paliers est résolu en utilisant un pont de capacités, avec insertion de ces paliers dans l'une des branches d'équilibrage. Le pont est réglé de manière à être en équilibre pour la valeur centrale de la gamme des fréquences balayée par le condensateur rotatif (H. Berger, A. Fiebig, R. Hohbach ou S. Talas peuvent fournir des renseignements complémentaires).

Aimants et électricité

Le titre « Aimants et électricité » regroupe la conception et la construction d'aimants pour accélérateurs, lignes de faisceaux et détecteurs, la mesure de précision des champs et caractéristiques magnétiques, la conception d'alimentations spéciales et les techniques des hautes tensions et intensités élevées pour les utilisations en régime pulsé et en courant continu.

Les aimants sont devenus une spécialité du CERN depuis le début de la construction du synchro-cyclotron et du synchrotron à protons. Les travaux effectués à cette époque ont eu une importante influence sur l'industrie européenne. Ils ont conduit à l'emploi de l'acier à faible teneur en carbone en remplacement de l'acier à faible teneur en silicium, plus onéreux. L'acier à faible teneur en carbone s'est ensuite révélé idéal pour les petits moteurs électriques; ainsi, des articles tels que machines à laver, etc. ont vu leur prix diminuer... de quelques francs. Le CERN a également pris l'initiative d'utiliser l'araldite dans de grandes installations électriques; c'est maintenant une technique courante, par exemple pour le collage des tôles de transformateurs.

À l'heure actuelle, c'est pour l'application de la supraconductivité que les recherches en physique des hautes énergies font progresser la technologie des aimants. Avec des aimants classiques cependant, des améliorations sont apportées dans la construction des quelque mille aimants destinés à l'anneau du SPS. Pour se faire une idée des problèmes, il suffit de visiter le vaste hall d'assemblage du Laboratoire II dans lequel on procède actuellement au montage et aux mesures des aimants, dont un grand nombre attend maintenant d'être transporté dans le tunnel de la machine. Il s'agit d'une fabrication en série exigeant cependant une précision élevée (cette question fait l'objet des Notes de technologie M25, M26 et M27).

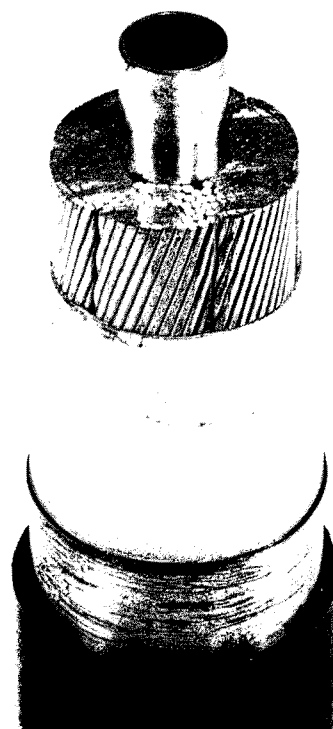
Pendant la construction des ISR, un nouveau type de câble (M10, câble refroidi par eau et cosses) a été mis au point en collaboration avec la Société

Kabel-Metal pour transmettre le courant aux aimants des anneaux de stockage. Précédemment, le courant était transmis aux aimants par l'intermédiaire de structures rigides creuses en cuivre ou en aluminium. Pendant la construction des ISR, on s'est aperçu qu'avec les dimensions utilisées, il était possible d'enrouler un conducteur autour d'un tuyau en cuivre à paroi mince. On obtient ainsi un câble flexible pouvant être transporté sur un tambour et coupé à la longueur voulue au moment de l'installation.

Le câble a une section de 900 mm² et un rayon de courbure minimale de 600 mm. Il résiste à une différence de potentiel de 2 kV et l'intensité qu'il peut transporter dépend de la pression d'eau existant entre l'entrée et la sortie. Le canal central dans lequel l'eau circule fait 16 mm de diamètre. Aux ISR, où sont installés 14 km de ce type de câble, l'intensité nominale est de 1900 A. L'isolant et la gaine sont en polyéthylène radio-résistant.

La conception des cosses reliant les câbles aux aimants a posé des problèmes car, en régime de haute tension, les fuites d'eau pourraient évidemment provoquer un claquage. Une méthode a été mise au point suivant laquelle la cosse est sertie sur le câble à l'aide d'un outil à commande hydraulique puis isolée avec de la résine époxy radio-résistante. Ce type de câble a été utilisé par la suite dans la construction du synchrotron injecteur du PS et il reliera les alimentations du SPS à des barres omnibus installées dans le tunnel de l'anneau et passant par les puits d'accès. (Pour des renseignements complémentaires, consulter S. Pichler.)

La mesure du champ magnétique est devenue un processus automatisé. Un exemple en est fourni par le système mis au point pour remesurer le champ magnétique du synchro-cyclotron de 600 MeV (M35, dispositif de haute précision pour la mesure du champ magnétique du synchro-cyclotron). L'aimant, de 5 m de diamètre, a fait l'objet d'un certain nombre de modifications pendant le programme d'améliorations de la machine, notam-



CERN 106.7.68

ment l'installation de nouvelles bobines et le perçage d'un trou axial pour y loger un nouveau type de source d'ions. Une carte des champs doit être établie, car l'intensité de faisceau qu'il sera possible d'accélérer dépend de façon déterminante de l'établissement d'un rapport correct entre les tensions accélératrices HF et le champ.

Le champ est égal à environ 2 T et la précision de mesure requise est de $\pm 2 \times 10^{-4}$. Le dispositif de mesure se compose d'une barre en aluminium de 3,5 m de longueur, portant 100 plaques à effet Hall, stabilisées en température à $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ et montées avec un espacement de 3 cm. Avant montage, chaque plaque est étalonnée dans un aimant d'essai par comparaison avec une sonde à résonance nucléaire. La barre est fixée à une table tournante positionnée au centre de l'ouverture de l'aimant; un moteur pas à pas commandé par un ordinateur peut la faire osciller dans le plan azimutal avec une précision de 0,01 degré. Les plaques à effet Hall sont également reliées à l'ordinateur par l'intermédiaire d'un dispositif de relevé par points de données analogiques à 120 canaux. Les tensions des plaques sont lues, canal par canal, par un voltmètre numérique et transmises à l'ordinateur sous forme numérique. Les tensions sont converties en valeurs de champ tandis que la barre passe à la position suivante. Le temps nécessaire pour l'établissement d'une carte de champ complète avec 36 000 mesures n'est que de 40 mn environ. (Pour des renseignements complémentaires, consulter E. Braunsreuther.)

Le câble refroidi par eau et qui alimente les aimants des anneaux de stockage à intersections. C'est un conducteur pour haute intensité mais il est flexible et peut être transporté sur un tambour et coupé à la dimension voulue sur le lieu d'utilisation. (A gauche.)

Construction du septum électrostatique de l'installation d'éjection du faisceau du SPS. Ce septum se caractérise par un plan de fils minces bien alignés. Chaque fil est tendu par des ressorts à l'endroit où passent les protons. Une nouvelle série de fils est ici mise en place; on aperçoit, au-dessous, les ressorts qui assurent la tension des fils. (A droite.)

Les techniques des hautes tensions sont mises en évidence par le commutateur mis au point pour l'aimant de déflexion rapide à grande ouverture du synchrotron à protons (M20, commutateur haute tension pour aimant de déflexion rapide). De tels aimants sont utilisés, comme le septum électrostatique mentionné précédemment, dans l'éjection de protons d'un accélérateur. Ils mettent à profit le fait que les protons circulent en orbite dans la machine par paquets. Il s'agit de laisser passer un paquet et dans l'intervalle, d'amener l'aimant à sa puissance requise avant l'arrivée du paquet suivant. Ce dernier subira alors l'action du champ de l'aimant de déflexion rapide et sera éjecté de la machine.

Au PS, l'intervalle entre les paquets n'est que de 85 ns; par conséquent, la conception de l'aimant de déflexion rapide et de son système de commutation d'impulsions doit permettre un fonctionnement très rapide. Le commutateur décharge un réseau formateur d'impulsions à câble de 15 Ω , chargé à 80 kV, dans une ligne de transmission conduisant à l'aimant de déflexion rapide et à la résistance de terminaison. L'intensité commutée est de 2,7 kA.

Un thyatron mis au point par English Electric Valve Co. (CX 1171A) est l'élément essentiel du commutateur. Il fonctionne avec une cathode flottante, de sorte que les alimentations de l'élément de chauffage, du réservoir et de la grille doivent être parfaitement isolées. Pour obtenir un temps de montée rapide, le thyatron est monté dans un boîtier coaxial qui l'enserme étroitement (jeu radial de 25 mm). De l'huile et un diélectrique solide assurent l'isolation entre l'anode et le boîtier mis à la terre; l'huile sert également au refroidissement. Une partie du courant d'alimentation est prélevée sur une cage de Faraday isolée, ce qui permet d'ajuster rapidement la tension de l'élément de chauffage du réservoir et, ainsi, de fixer le temps de montée du commutateur.

Le commutateur a été soumis à des essais rigoureux pendant 5000 h et 100 millions d'impulsions. Dix d'entre



CERN 391.10.73

eux fonctionnent maintenant au PS pour l'alimentation de dix modules d'aimant de déflexion rapide. Ils donnent un temps de montée de 30 ns avec une fluctuation de l'instant de décharge inférieur à 6 ns et peuvent fournir une impulsion toutes les 30 ns. Aux essais de perfectionnement, une variante de ce modèle a fourni une impulsion toutes les 50 μ s à 40 kV avec à peu près le même temps de montée. (Pour des renseignements complémentaires, consulter D. Fiander, D. Grier, K.D. Metzmacher ou P. Pearce.)

Pour revenir au SPS, mentionnons un dispositif peu commun: le septum électrostatique, qui sera utilisé pour éjecter des protons à des énergies de plusieurs centaines de GeV (M32, le septum électrostatique du SPS). Ce dispositif prélève une partie du faisceau de protons, lesquels sont ensuite soumis à un champ électrostatique de 100 kV/cm. Les protons d'une énergie aussi élevée sont difficiles à dévier hors de la machine et, de ce fait, le septum électrostatique, qui se compose de quatre modules de 3 m, doit avoir une longueur de 12 m. Pour qu'il y ait le moins possible de protons entrant en collision avec le septum, celui-ci doit être très mince et très droit. Il résistera également à une chaleur de 300°C due au faisceau et l'ensemble du dispositif doit être étuvable pour permettre d'obtenir un vide de 10^{-9} torr.

Pour cela, chaque module de septum comprend une rangée de 2000 fils de tungstène ou de molybdène, de 0,15 mm d'épaisseur et espacés de 1,5 mm, tendus individuellement par

deux ressorts. Avec un plan de fils tendus, on évite le risque de déformation qui pourrait se produire si l'on utilisait comme septum une mince feuille métallique. Parallèlement, on restreint au minimum le volume de matière placé sur la trajectoire des protons. Si un fil se casse, les ressorts le tireront hors de la trajectoire du faisceau. Le champ de déflexion est créé à l'aide d'une cathode en alliage de titane, maintenue à -200 kV pendant le fonctionnement normal et placée à une distance du plan de fils comprise entre 10 et 30 mm. La position de la cathode peut être réglée à distance en fonction des différentes dimensions de faisceau et des différents modes d'exploitation.

L'ensemble du système doit être correctement aligné à $\pm 0,05$ mm près et tous les éléments doivent faire l'objet d'un traitement soigneux de relâchement des contraintes. Des tiges d'alignement dépassant de l'enceinte à vide portent des cibles pour l'alignement optique et un système de réglage de l'alignement utilisant un fil tendu comme référence stable. L'alignement final sera effectué en utilisant comme référence le faisceau lui-même, l'objectif étant de limiter le plus possible les pertes de protons lors de l'éjection. Pour ce faire, on surveille, à l'aide de détecteurs d'infrarouge, l'accroissement de la température des fils frappés par les protons. (Pour des renseignements complémentaires, consulter Y. Baconnier.)

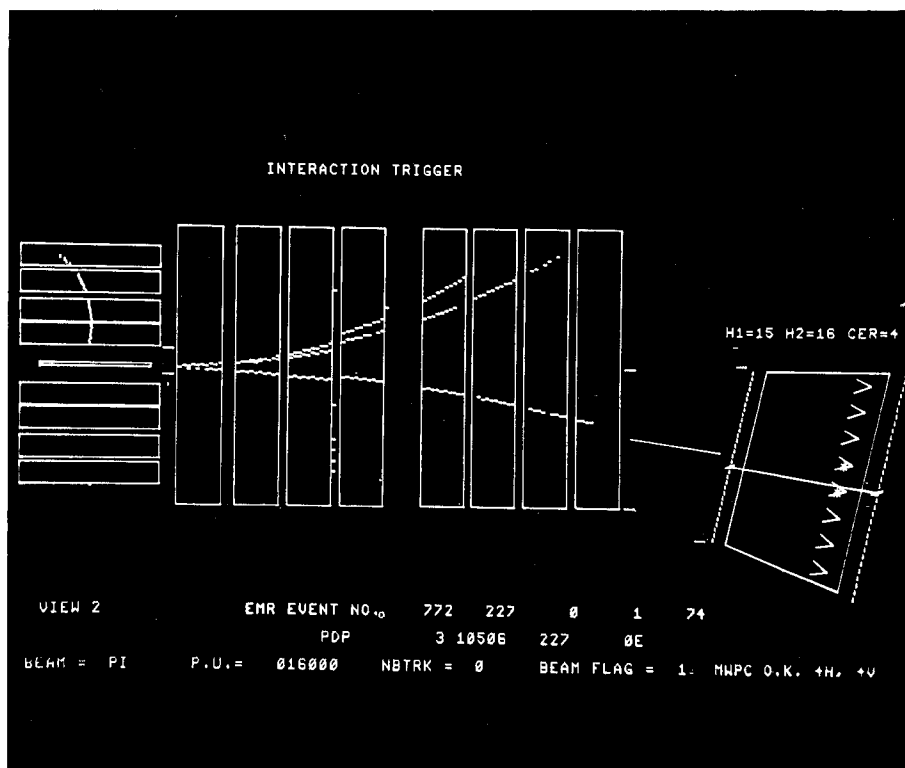
Photo et systèmes optiques

Le CERN s'est intéressé à ces domaines principalement à cause des problèmes posés par les systèmes optiques nécessaires pour enregistrer les signes visuels du passage d'une particule chargée (bulles dans une chambre à bulles, étincelles dans une chambre à étincelles, traces dans les émulsions nucléaires).

Au cours de ces dernières années, la nécessité de recueillir rapidement de grandes masses de renseignements a imposé des vitesses de saisie de données beaucoup plus élevées et a exigé par conséquent que les systèmes optiques fonctionnent à des vitesses beaucoup plus grandes. Prenons un exemple dans le domaine des chambres à bulles: une caméra (P13, caméra à grande vitesse pour régime pulsé) mise au point pour la chambre de 2 m du CERN. A l'époque, maintenant révolue, où l'on opérait plus à loisir, le cyclage de cette chambre s'effectuait à une cadence permettant d'enregistrer des traces de particules une fois par cycle d'accélération du synchrotron à protons. Le système de la caméra disposait donc de quelques secondes pour mettre en place la nouvelle longueur de pellicule. Or, maintenant, il faut prendre plusieurs photographies par cycle, car l'accélérateur peut envoyer des particules dans la chambre par giclées séparées d'environ un dixième de seconde.

La caméra doit pouvoir prendre quatre photographies en 0,3 s (les photographies font 170 mm de longueur sur une pellicule de 50 mm de largeur). Elle doit, d'une part, amener en position une nouvelle longueur de pellicule en moins de 60 ms en tirant celle-ci avec une force ne dépassant pas 2 kg (pour éviter de la casser) et d'autre part, la maintenir bien à plat (pour assurer une bonne mise au point) avant de la libérer et de tirer une nouvelle longueur. Les problèmes d'environnement étaient les suivants: garantir le fonctionnement des éléments mécaniques et électroniques dans un champ magnétique parasite de 700 gauss et assurer la sécurité dans une zone d'hydrogène.

Une section de pellicule suffisante



pour quatre photographies est extraite de la bobine vierge et introduite dans un compartiment de vide situé sur la droite de la caméra. Cette opération s'effectue sur un signal fourni par un dispositif qui mesure la longueur de pellicule présente dans le compartiment. Un cabestan entraîné par moteur fait sortir du compartiment, en un tour, une longueur de pellicule correspondant à une image et la cadre pour être exposée; une dépression maintient la pellicule à plat contre son support (constitué de tubes capillaires de quartz, de 0,3 mm de diamètre, accolés par soudure et meulés de manière à donner une surface optiquement plate). Après exposition, un jet d'air comprimé libère la pellicule de son support et celle-ci est enroulée dans un compartiment de vide situé sur la gauche de la caméra, tandis que le cabestan cadre une nouvelle longueur de pellicule.

Ce type de caméra est utilisé sur la chambre à bulles de 2 m depuis 1969. (Pour renseignements complémentaires, consulter L. Naumann, M. Schmitt, M. Dykes ou R. Stierling).

Une installation de caméras très différente (P29, enregistrement automatique de photos de chambres à étincelles au moyen d'une installation de caméras de télévision commandée par ordinateur) a été mise au point, principalement par un groupe Birmingham / Rutherford / Westfield College, pour photographier des interactions de particules dans le spectromètre Oméga. Il s'agissait de mettre sous forme électronique les informations visuelles fournies par les chambres à étincelles sans avoir à passer par le

stade intermédiaire des photographies, lesquelles demandent à être dépouillées et mesurées. L'installation de caméras ne fonctionne que lorsqu'elle est déclenchée par des compteurs qui indiquent qu'une interaction intéressante a eu lieu. Cette installation comprend des caméras de télévision à tubes Plumbicon chargées d'explorer le volume des chambres à étincelles. ($3,7 \times 1,5 \times 1$ m).

Lorsqu'un déclenchement se produit, les spots des tubes de télévision, qui ont jusqu'alors exploré en mode « effacement » de façon à neutraliser les étincelles dues au fond parasite, retournent dans l'angle de l'écran et commencent à explorer en mode « événement » les entreplaques de la chambre à étincelles. L'image est conservée à la surface du tube pendant quelques millisecondes après apparition des étincelles. Au début de chacune des lignes d'exploration, un train d'impulsions d'horloge est envoyé sur des circuits échelles. Le premier de ces circuits s'arrête de compter lorsque la première étincelle est rencontrée, le deuxième lorsque la deuxième étincelle est rencontrée et ainsi de suite. Les positions d'étincelle sont ainsi mises immédiatement sous forme numérique et peuvent être stockées sur bande magnétique pour analyse ultérieure par ordinateur.

En utilisant un système de lumière fiducielle (pour faciliter les corrections nécessaires, pour tenir compte de la vitesse du spot d'exploration et des distorsions et non-linéarités dans le tube de la caméra), on peut déterminer la position des étincelles avec la

Signaux fournis par les caméras à tube plumbicon qui enregistrent les étincelles produites par le passage de particules chargées à travers des groupes de chambres optiques installées dans le spectromètre Oméga. Cette vue d'un événement est reconstruite par un ordinateur en ligne. Les caméras peuvent saisir des données à un rythme très élevé et l'enregistrement de 100 000 événements par jour n'a rien d'exceptionnel.

précision requise de 0,5 mm. Pour recueillir la totalité des informations nécessaires, il ne faut que 18 ms environ après quoi Oméga est prêt à enregistrer l'événement suivant. Avec ces caméras, la vitesse de saisie des données est par conséquent très élevée; un taux de 100 000 événements par jour n'est pas exceptionnel et, en 1973, 10 millions d'événements ont été enregistrés. Aucune installation utilisant des caméras de type classique, si rapides soient-elles, n'a pu s'approcher de ces vitesses, sans compter l'avantage de disposer de données mises immédiatement sous forme numérique. (Pour renseignements complémentaires, consulter O. Gildermeister).

Sont également groupés sous la rubrique « photographie et systèmes optiques » les perfectionnements qu'il a fallu apporter aux techniques employées en géodésie pour obtenir une précision d'alignement de l'ordre du dixième de millimètre dans des accélérateurs s'étendant sur des kilomètres. Des appareils automatiques ont notamment été mis au point pour fournir des mesures de longueur et de direction rapides et précises.

L'un d'entre eux, le Distinvar (P14, appareil automatique de mesure précise de longueur) est utilisé depuis quelques années; il l'a été dans la construction des ISR et de l'éclateur du PS et il l'est actuellement pour le SPS. Il comprend un fil d'invar étalonné de 1,65 mm de diamètre, à l'une des extrémités duquel est fixé un balancier. Un chariot portant le balancier peut être déplacé dans les deux sens le long d'une vis micrométrique de précision jusqu'à ce qu'un point d'équilibre soit atteint, où un poids de 1,5 kg produit une traction de 15 kg dans le fil. Cette position, qui peut être lue, donne la différence entre la longueur mesurée vraie et la longueur d'étalonnage du fil.

Le Distinvar peut être utilisé pour des mesures de longueur comprises entre 0,4 et 50 mètres; la précision ne dépend pas de la longueur à mesurer mais de la sensibilité de la balance. Des précisions meilleures qu'un mil-

La mise au point d'appareils de métrologie dans les conditions de propreté du laboratoire et l'utilisation de ces instruments sur le chantier de construction sont deux choses distinctes. Ici, on effectue des mesures avec un gyrothéodolite dans le tunnel du SPS et l'opérateur s'abrite sous un parapluie pour se protéger contre les suintements d'eau. L'emploi du gyrothéodolite a été automatisé et ne nécessite pas de manœuvre délicate.

lionième peuvent être obtenues. Chaque mesure ne prend que quelques minutes, la lecture elle-même se faisant en quelques secondes. Le Distinvar peut être utilisé pour des mesures absolues, comme dans les études topographiques lorsque les longueurs sont étalonnées avec une longueur étalon, et pour des mesures différentielles comme celles qui sont nécessaires dans la construction de ponts, tunnels, bâtiments, etc. (lorsque l'étalonnage n'est pas nécessaire).

Un deuxième appareil (P17, gyrothéodolite automatique) a été utilisé pour la goniométrie dans le tunnel du SPS. L'utilisation d'un gyroscope pour trouver le plan méridien (c'est-à-dire le Nord géographique) peut être une opération délicate lorsque des précisions de quelques secondes d'arc sont exigées. On a donc mis au point un appareil automatique utilisant un gyrothéodolite et mesurant (à l'aide de phototransistors) la durée des oscillations du côté droit et du côté gauche. La différence entre les oscillations droites et gauches est fonction de l'angle formé par l'axe du gyrothéodolite et la direction du Nord.

Dans le tunnel du SPS, le géomètre peut trouver n'importe quelle direction avec un écart type de seulement 25 s centésimales en faisant trois mesures avec le gyrothéodolite automatique pour trouver le Nord. Il lui suffit d'orienter son appareil approximativement vers le Nord, les valeurs exactes pouvant être lues sur papier. (Pour renseignements complémentaires, consulter D. Bois ou J. Olsfors.)

Les techniques courantes peuvent être considérablement adaptées lorsqu'elles sont employées dans le contexte d'un accélérateur. Les caméras de télévision sont parfois utilisées près de la machine afin d'observer des écrans fluorescents pour la surveillance de la position d'un faisceau accéléré; elles sont destinées aussi à d'autres usages et permettent, par exemple, de voir ce qui se passe dans une zone de la machine où il n'est pas possible d'accéder pendant le fonctionnement en raison des niveaux de



CERN 37.173

radiations élevées. Une caméra a été mise au point pour une telle utilisation (P11, caméra de télévision miniature radio résistante); elle peut supporter des doses de radiations élevées, fonctionne dans des champs de 100 gauss et elle est extrêmement fiable et facile à entretenir.

On utilise des circuits nuvistorisés car ils peuvent accepter des doses de radiations de plus de 10^6 rem contre 10^5 rem pour les transistors. La caméra se compose de deux parties distinctes: la tête (comportant un pré-amplificateur à nuvistors, un tube vidicon et un dispositif de déviation) et l'équipement de commande (alimentation, générateur d'impulsions, circuits d'exploration et amplificateur vidéo). L'équipement de commande peut être installé dans un châssis et placé à l'extérieur de la zone de radiations si on le désire.

Le dispositif de déviation est l'élément le plus sensible au champ magnétique; il est protégé par un blindage et par le boîtier de la caméra en mu-métal. L'ensemble est monté sur des glissières de sorte que la caméra peut être facilement mise au point, même sur des objets très rapprochés, soit manuellement, soit à distance par l'intermédiaire d'un moteur.

La dimension de la tête de la caméra n'est que de $82 \times 92 \times 237$ mm (2,6 kg) ou, si le pré-amplificateur transistorisé est incorporé, de $82 \times 184 \times 234$ mm (4,6 kg). Elle est maintenant fabriquée par CEMEL. (Pour renseignements complémentaires consulter P. Monnet ou J. Robert).

Vide

La nécessité d'un vide poussé s'est imposée depuis longtemps au CERN. On doit faire le vide dans la région où sont accélérés les protons afin d'éviter que des collisions avec des molécules d'air résiduel provoquent des pertes de faisceau ou de graves détériorations de sa qualité, particulièrement aux basses énergies. Toutefois, la mise en service des ISR, exigeant qu'un ultra-vide soit maintenu dans des systèmes de grande dimension, a été à l'origine de nouvelles applications de la technologie.

Dans un accélérateur classique, un faisceau de protons ne séjourne que quelques secondes dans la machine, et des pressions de 10^{-6} à 10^{-7} torr sont alors suffisantes. Dans les anneaux de stockage, les protons peuvent circuler pendant une journée et le vide de l'enceinte doit être supérieur, à ces valeurs, de plusieurs ordres de grandeur. Lors de l'étude technique des ISR, il était prévu d'atteindre des pressions de 10^{-9} torr autour des anneaux et de 10^{-11} torr dans les régions d'intersection, au niveau desquelles les expérimentateurs veulent être sûrs qu'ils observent de véritables collisions proton-proton et non pas des collisions avec des molécules de gaz résiduel.

Cette exigence était déjà difficile à satisfaire. Il s'agissait de construire un système de 2 km de long, où devait être maintenu un ultravide qui jusqu'alors n'avait été réalisé que dans des appareils de laboratoire, de faible dimension. Cette gageure a été tenue et même largement dépassée car, lorsque la machine fut mise en service, on a découvert que les conditions de vide pouvaient constituer l'obstacle principal à la réalisation de courants stockés d'intensité élevée du fait de l'apparition de surpressions locales. L'objectif actuellement fixé, en grande partie réalisé, est d'établir un vide de 10^{-11} torr sur la totalité de la circonférence des anneaux et de 10^{-12} torr, ou mieux, dans les régions d'intersection, tout en maintenant un tel vide pendant un an si nécessaire (V17, comment s'approcher de la vacuité aux ISR).

Dans chaque anneau, l'enceinte à vide est un tore de près d'un kilomètre de circonférence et de 160 mm de diamètre (dans les ouvertures des aimants, la section transversale est elliptique, avec des axes de 160 et 56 mm). Cette enceinte est en acier inoxydable austénitique nitruré. Préablement à la fabrication des tubes, l'acier est étuvé à 800°C pendant quelques heures, dans un four à vide, sous 10^{-4} torr. Ce traitement réduit le volume du gaz piégé dans l'acier (surtout de l'hydrogène), qui se diffuse ultérieurement dans l'enceinte et constitue la source principale d'arrivée de gaz dans les anneaux des ISR.

Lorsque les enceintes sont installées, on procède à un nouvel étuvage in situ, en utilisant des bandes chauffantes enroulées autour des tubes. Le traitement dure 24 heures, à 300°C (température contrôlée à moins de 10°C près à l'aide de thermocouples), sous une pression inférieure à 10^{-5} torr, réalisée par des pompes turbomoléculaires rotatives à palettes, réparties autour de l'enceinte, avec des intervalles de 25 m. La température est ensuite abaissée jusqu'à 200°C , tandis que la pression continue à être réduite jusqu'à environ 10^{-6} torr. Des pompes ioniques à pulvérisation de titane sont alors mises en service et les pompes turbomoléculaires sont isolées par des vannes. La pression continue de décroître jusqu'aux environs de 10^{-7} torr, région dans laquelle les pompes à sublimation et les jauges à vide se trouvent dégazées et prêtes à prendre le relais. L'étuvage est arrêté et la température de l'enceinte revient à la température ambiante tandis que le pompage se poursuit. Au bout de cinq heures, la pression se situe habituellement aux environs de 10^{-10} torr. Les pompes à sublimation commencent alors à piéger les molécules par effet « getter » (pompage actif) et cette vitesse de pompage supplémentaire réduit la pression dans l'enceinte à 10^{-11} torr, ou même moins.

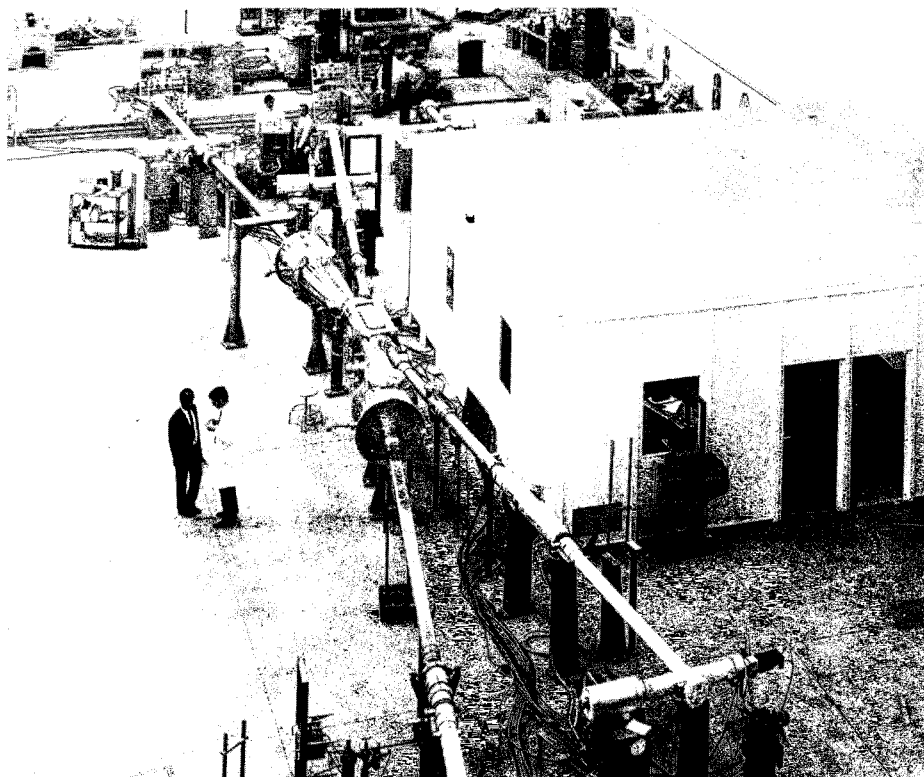
Les surpressions locales ont exigé une étude très minutieuse des conditions de vide dans les enceintes. Ce

phénomène se manifeste dans une région limitée, d'environ 10 m de long, où la pression s'élève lorsque l'intensité du faisceau en circulation dépasse une certaine valeur. Les ions produits par collision entre les protons et les molécules de gaz résiduel percutent les parois de l'enceinte à vide et désorbent ainsi une masse de gaz supplémentaire. De nouveaux ions sont créés, et il peut apparaître un effet d'avalanche provoquant une destruction du faisceau.

L'étude de ce phénomène a montré que la surface de l'acier inoxydable est recouverte d'une couche de gaz fortement absorbés (molécules d'eau, oxyde de carbone, anhydride carbonique, méthane, hydrocarbures) qui s'ajoutent à l'hydrogène occlus et qui ne sont désorbés que par bombardement ionique. Pour faciliter l'élimination de ces contaminants, on soumet l'enceinte à une décharge électrique dans un gaz inerte haute pression (10^{-2} torr). La désorption ultérieure du gaz par bombardement ionique est alors réduite de deux à trois ordres de grandeur.

A la suite de l'achèvement de nouvelles études des propriétés sous ultravide, d'autres améliorations ont été apportées à l'installation de vide des ISR. Mais dans la réalisation des conditions exceptionnelles de vide exigées par la machine, la fiabilité remarquable de toute une série d'organes apparemment très courants a joué un rôle tout aussi important. Pour ne donner qu'un exemple, indiquons que plus de dix mille raccords démontables doivent être tous simultanément étanches au vide. Il a donc été essentiel d'étudier complètement tout détail de l'installation de vide (E. Fischer ou R. Calder peuvent fournir des renseignements complémentaires).

On poursuit les recherches sur les propriétés des matériaux sous vide (V27, choix et conditionnement des matériaux pour ultravide). Une solution consiste à étudier la possibilité de réduction du coefficient de diffusion de l'hydrogène, particulièrement dans



Essai avant installation d'une chambre à vide de l'une des régions d'intersection des ISR. La pression dans la chambre doit être d'environ 10^{-12} torr. La paroi des cônes situés en amont de la région d'intersection des faisceaux est très mince, de sorte que les particules produites dans les collisions de protons n'ont à traverser qu'une épaisseur minimale de matière avant d'être détectées.

l'acier inoxydable, en suivant l'évolution de l'hydrogène désorbé à partir d'une éprouvette de matériau, par exemple par chromatographie en phase gazeuse.

L'étude porte sur deux méthodes de réduction de ce coefficient. La première consiste à créer des dislocations supplémentaires dans le réseau cristallin par travail à froid du matériau (la densité des dislocations est liée à la déformation à froid). Etant donné que l'hydrogène diffuse suivant les interstices du réseau, les dislocations peuvent agir comme des barrières, retardant le passage des molécules d'hydrogène. La seconde méthode suppose la création de pièges à hydrogène de nature chimique, par dissémination d'ions halogènes dans le matériau.

Ces méthodes peuvent être utiles, mais les techniques de réduction de la quantité d'hydrogène présente dans le matériau se sont révélées plus efficaces. A cette fin, on mettra bientôt en service au CERN un four à vide à haute température permettant de traiter des éléments atteignant 3,50 m de long et 1 m de diamètre. Ce four sera exploité à 1000°C sous 10^{-6} torr (pression ultérieurement réduite à 10^{-8} torr) pour le dégazage de l'acier inoxydable. On espère obtenir une amélioration d'un ordre de grandeur sur la vitesse de dégazage finale (K.S. Niel ou F. Thizy peuvent fournir des renseignements complémentaires).

La recherche de meilleurs matériaux tend à s'orienter vers le titane (V14,

éléments d'une enceinte à vide prototype en titane). Des gaines de titane ont été introduites avec succès dans les enceintes à vide de l'anneau et un prototype d'enceinte est en cours de construction. Il sera installé dans une région d'intersection pour remplacer le bicône standard en acier inoxydable. Par rapport à ce matériau, le titane présente l'avantage supplémentaire d'être deux fois plus transparent pour les particules issues des collisions et se dirigeant vers les détecteurs.

Le formage de structures compliquées en titane est toutefois assez délicat. Tous les éléments séparés sont formés à froid par travail à la presse, laminage et déformation sous pression. On a construit des machines spéciales pour la soudure minutieuse des éléments, en atmosphère d'argon, pour éviter de fragiliser le joint du fait de l'absorption d'hydrogène (I. Wilson, J.C. Brunet, W. Jeker ou E. André peuvent fournir des renseignements complémentaires).

En vue d'atteindre 10^{-12} torr, ou mieux, dans les régions d'intersection, on a étudié les techniques de cryopompage (V13, cryopompe à condensation). Une surface refroidie à très basse température constitue un piège retenant toute molécule de gaz venant au contact. Malheureusement, à l'exception de l'hélium, l'hydrogène est le plus récalcitrant de tous les gaz et à $4,2^{\circ}\text{K}$ (température d'ébullition de l'hélium sous la pression atmosphérique) sa tension de vapeur est encore de 10^{-6} torr. Toutefois, le refroidisse-

ment à $2,3^{\circ}\text{K}$, ramène cette tension dans la gamme des 10^{-15} torr et théoriquement une cryopompe devrait pouvoir assurer les pressions requises.

En pratique, il est apparu initialement impossible d'aller au-delà de 10^{-10} torr. Cela était dû au rayonnement thermique des parois de l'enceinte à vide provoquant une nouvelle désorption de l'hydrogène condensé, à une vitesse dépendant de manière complexe de la qualité de la surface refroidie. Un écran froid, du type chicane à chevrons, maintenu à 80°K , qui protège la surface, a considérablement ralenti cette désorption, aux dépens d'une certaine réduction de la vitesse de pompage. Les écrans ont une transmissivité moléculaire d'environ 0,24 et une transmissivité pour le rayonnement d'environ 7×10^{-4} . Une surface en argent recouverte de quelques couches monomoléculaires d'azote condensé, s'est révélée la plus efficace. Avec une surface maintenue à $2,3^{\circ}\text{K}$, ces mesures ont permis d'atteindre une pression de 10^{-13} torr.

Quatre pompes ont été construites et deux d'entre elles ont été exploitées avec succès dans une région d'intersection des ISR. Un modèle a été standardisé pour les usages généraux et six cryopompes à condensation sont en cours de construction; elles seront installées en 1975 (C. Benvenuti ou R. Calder peuvent fournir des renseignements complémentaires).

Techniques d'atelier et mécanique générale

Télémanipulateur en fonctionnement. A gauche, dans la salle du mécanisme de commande, l'opérateur manipule le dispositif et surveille le déroulement des manœuvres sur des écrans de télévision. A droite, le mécanisme asservi installe un collier à desserrage rapide tandis que des caméras de télévision surveillent l'opération.

Les grands projets de construction du CERN sont naturellement réalisés par l'industrie européenne. Toutefois, de nombreuses tâches de production unitaire n'intéressent pas l'industrie car elles exigent une compétence particulière et ne peuvent souvent être définies avec précision avant leur achèvement. En outre, une assistance technique doit exister sur le site. Pour répondre à ces besoins, le CERN a créé le Groupe Ateliers qui fournit une qualité remarquable de travaux et bénéficie des compétences aptes à satisfaire les demandes inhérentes au programme de recherche. Nous nous limiterons à présenter ici certains aspects des activités du Groupe.

D'importants travaux de tôlerie sont effectués en vue de la fabrication d'enceintes à vide, de systèmes cryogéniques, d'électrodes HT, etc. Ils peuvent présenter des caractéristiques telles que la mise en œuvre de grandes surfaces métalliques très minces, l'emploi de matériaux difficiles à usiner, le respect de tolérances exceptionnelles pour les dimensions ou le type de matériau ouvré.

Le laminage, le pliage, le cintrage des tubes, l'éclapage et l'éclirage sont effectués au moyen de techniques de pointe. Comme exemples de travaux de tôlerie (W27, travaux de tôlerie pour applications d'ultravide et de cryogénie), nous citerons: un déflecteur magnétique en alliage d'aluminium de 2-3 mm d'épaisseur, formé de six sections coniques de différentes dimensions, ayant un diamètre de base de 2,4 m et une longueur de 5 m, avec une tolérance de seulement 0,2 mm; une cavité HF en acier de 20 mm d'épaisseur, avec revêtement de 5 mm de cuivre, qui a 1 m de long et 0,9 m de diamètre, la tolérance étant de 1 mm; une gamme d'enceintes à vide de section elliptique en acier inoxydable, alliage d'aluminium et titane, et une enceinte à vide en titane de forme compliquée (0,6 mm d'épaisseur) pour une région d'intersection des ISR (G. Dervy ou J. Tallon peuvent fournir des renseignements complémentaires).

Pour assembler des éléments aussi fragiles, on peut utiliser le soudage par faisceau d'électrons (W32, soudage par faisceau d'électrons). Un faisceau d'électrons peut provoquer la fusion dans de très petits volumes, de sorte que la déformation et le retrait restent faibles. La densité d'énergie d'un tel faisceau le rend apte au soudage des matériaux réfractaires ou des matériaux à conductibilité thermique élevée. Il peut pénétrer profondément dans la masse, ce qui permet de souder des éléments épais en une seule opération. Le soudage est effectué sous vide, de sorte que la contamination de métaux à forte réactivité, tels que le titane, se trouve supprimée.

Cette technique a été utilisée pour des éléments en aluminium, cuivre, titane, molybdène, niobium, tantale, rhénium et pour des alliages d'aluminium, de nickel, de cobalt, des aciers inoxydables, etc. On a soudé des matériaux différents, tels que l'acier inoxydable et le cuivre. En

utilisant un canon à électrons de 7 kW, sous 150 kV, il est possible de réaliser en une seule passe une soudure de 25 mm d'épaisseur avec le cuivre, de 30 mm avec l'aluminium et de 35 mm avec l'acier inoxydable (P. Thony ou B. Trincat peuvent fournir des renseignements complémentaires).

Des travaux à l'échelle miniature ont été nécessaires pour répondre à la demande de circuits imprimés prototypes (W29, techniques d'attaque photomécanique et chimique). L'usinage chimique d'un métal se réalise par dissolution des zones à éliminer tout en protégeant la configuration exigée à l'aide d'un masque. Le tracé original peut être effectué à la main ou par une machine, en employant un coordinatographe automatique (éventuellement avec une tête de traceur optique) qui impressionne un film photosensible. La machine est programmable par ordinateur. On peut employer des échelles allant jusqu'à



CERN 393.2.74



CERN 392.2.74

Objets courants dans tout laboratoire de physique des hautes énergies: des guides-lumière conduisant les signaux produits lorsque des particules chargées traversent des couches de scintillateur plastique. Ces signaux parviennent à des photomultiplicateurs qui fournissent une information de nature électronique. Ces guides ont été fabriqués à l'atelier Ouest du CERN.

1000 : 1, afin de tracer des circuits intégrés sur des surfaces atteignant $1 \times 1,5$ m, avec une largeur minimale des traits de 0,1 mm. L'écartement entre les traits doit être d'au moins 0,2 mm et il faut prévoir des réserves pour l'attaque chimique des bords de la configuration exigée, protégée par le masque.

En photographiant avec soin le dessin original, on peut obtenir une résolution de 300 à 600 lignes par millimètre pour une surface de 1 m^2 , et même de 2000 lignes/mm pour une surface de 150 mm de diamètre, à condition d'utiliser une chambre équipée d'un objectif à haute résolution. En général, comme support de l'émulsion photographique à haut contraste, on peut employer des plaques souples ou rigides (en matière plastique ou en verre) mais, pour la photographie à haute définition, on préfère les plaques de verre, recouvertes d'une couche de chrome de $1 \mu\text{m}$ d'épaisseur, obtenue par vaporisation et photogravure, afin d'améliorer la stabilité et la résistance à la corrosion.

Le masque peut être réalisé par impression (lorsqu'il n'est pas exigé une précision élevée), par sérigraphie (donnant les lignes d'au moins $60 \mu\text{m}$ de large) ou en utilisant une résine photosensible — la résolution étant alors théoriquement illimitée, bien que limitée en pratique par l'épaisseur et la propreté de la résine. Pour la gravure, on procède par pulvérisation, ce qui réduit la durée de l'opération et simplifie le problème de l'attaque des bords. Après gravure, la résine est éliminée par dissolution.

On a réalisé des circuits imprimés atteignant $1,2 \times 0,5$ m. L'usinage chimique a également été employé pour l'argent, l'aluminium, le nickel, l'acier inoxydable, le tungstène, etc. étant donné que ce procédé n'introduit pas de tensions internes (J. Birabeau, A. Gandi ou P. Guérineau peuvent fournir des renseignements complémentaires).

Dans cette catégorie de travaux, il faut également signaler les recherches sur les techniques de télémanipulation (W13, téléopérateur pour télémani-



CERN 58.6.71

pulation haute vitesse à grande portée). Lorsque les accélérateurs sont en service, l'ambiance radioactive qui les entoure empêche normalement toute intervention humaine. Même lorsque les machines sont arrêtées, il existe des régions telles que les zones de cibles dans lesquelles la radioactivité induite est élevée et qui restent ainsi inaccessibles pendant longtemps. De temps en temps, on doit également manipuler des éléments fortement radioactifs. Les techniques de télémanipulation offrent une solution à ces problèmes, mais les manipulateurs classiques, utilisés autour des réacteurs nucléaires ou dans les laboratoires de radiochimie, ne conviennent pas car leurs portées sont insuffisantes.

En conséquence, au PS on a essayé un prototype qui est une variante de manipulateur avec bras à commande électrique par commutateur. Le bras a été monté sur un pont-roulant, portant également des caméras et un matériel d'éclairage. Il peut se déplacer autour de l'anneau et on utilise une technique d'enfichage automatique de ses câbles sur des boîtiers de connexion répartis autour du tunnel de l'accélérateur.

Le manipulateur peut être employé dans une zone de 40 m autour d'un de ces boîtiers; il est commandé depuis un bâtiment situé au centre de l'anneau de l'accélérateur. Le prototype s'est révélé utile pour la réalisation de nombreux travaux tels que la télédosimétrie, la détection des pertes de faisceau ou le démontage d'éléments radioactifs. Il est toutefois apparu qu'une vitesse plus élevée et

une plus grande souplesse restaient nécessaires.

Pour poursuivre ces recherches, on a acquis un manipulateur Mascot qui possède deux bras et dont la dextérité est identique à celle du modèle utilisé dans les cellules « chaudes ». Chaque bras peut lever 20 kg et l'opérateur perçoit les efforts appliqués grâce à une boucle de retour aboutissant aux bras de commande. Les postes maître et esclave sont reliés par voie électronique et l'esclave peut en principe travailler n'importe où, autour de l'accélérateur. Pour profiter au maximum des possibilités plus étendues du manipulateur Mascot, il a fallu améliorer les auxiliaires (ponts-porteurs plus rapides, câblage et mécanismes de connexion améliorés, caméras compactes, pivots motorisés pour les bras).

Grâce à ces améliorations, le nouveau téléopérateur est cent fois plus rapide que le prototype et dans de nombreux cas sa vitesse se rapproche de celle du travail à la main direct (R. Horne peut fournir des renseignements complémentaires).

Nouvelles des autres Laboratoires

OXFORD

Naissance du système de détection ISIS

Pour identifier des particules jusqu'à des énergies très élevées, une équipe de l'Université d'Oxford propose une nouvelle technique de détection inspirée du principe de la chambre proportionnelle multifils et de la chambre à dérive. Elle a baptisé son système ISIS (Identification of Secondaries by Ionisation Sampling: identification de particules secondaires par échantillonnage des pertes d'énergie dues à l'ionisation), en hommage à la rivière qui passe au pied des clochers pensifs de la ville universitaire d'Oxford.

Nous avons déjà maintes fois parlé des difficultés que présente l'expérimentation à des énergies de plusieurs centaines de GeV. En effet, l'identification et la mesure de particules aux énergies du NAL et du SPS à l'aide des techniques employées aux énergies de quelques dizaines de GeV peuvent exiger des détecteurs de grandes dimensions, complexes et onéreux. Pour résoudre ce problème délicat, les idées n'ont pas manqué, comme on peut le constater par exemple dans le rapport de la Conférence de Frascati sur l'instrumentation (vol. 13, page 175) au cours de laquelle les chambres à dérive ont tenu la vedette. Pour recueillir les signaux dans ces chambres, on applique le principe de la chambre proportionnelle multifils dans laquelle chaque fil reçoit une avalanche d'électrons engendrée par une particule chargée passant dans le voisinage. Le terme « dérive » désigne la migration des électrons libérés au cours de l'ionisation du gaz par la particule. Ces électrons « dérivent » vers des fils sous l'action d'un gradient de champ électrique. Le temps mis pour atteindre un fil peut être mesuré et cette valeur permet de déterminer de façon très précise la distance qui existait entre la particule et le fil. Les signaux fournis par les fils permettent de calculer la

position d'une particule à quelques fractions de millimètre près.

L'équipe d'Oxford veut en savoir davantage et cherche à différencier les particules en tenant compte de « l'accroissement relativiste de la perte d'énergie par ionisation ». A mesure qu'une particule chargée approche de la vitesse de la lumière, le champ électrique qui lui est associé s'étend dans le plan perpendiculaire à la direction du déplacement. La particule au repos peut être assimilée à une toute petite sphère mais, lorsque sa vitesse s'accroît, elle se dilate et s'aplatit en forme de disque par suite d'effets relativistes. Dans le gaz qu'elle traverse, son champ électrique agit alors sur un plus grand nombre d'atomes et, de ce fait, l'ionisation provoquée et, par voie de conséquence, la perte d'énergie subie par la particule sont plus importantes. Pour une quantité de mouvement donnée, la perte d'énergie par ionisation est différente suivant le type de particule. Par exemple, sur un large intervalle d'énergie (5 à 100 GeV), les pions subissent une plus grande perte (environ 15 % de plus) que les kaons et, pour ces derniers, la perte est supérieure d'environ 10 % à celle subie par les protons. Si donc on peut mesurer cette perte en comptant le nombre d'électrons libérés dans le gaz, il est possible de différencier les particules.

L'application de ce phénomène intéressant a été retardée par le fait que la perte d'énergie, subie par une particule donnée lorsque celle-ci traverse une faible épaisseur de gaz, varie dans des proportions considérables. La majorité des mesures se groupent autour d'une valeur moyenne mais un nombre significatif de mesures donnent des valeurs beaucoup plus élevées; la courbe du nombre de mesures en fonction de la perte d'énergie décroît lentement (cette décroissance est connue sous le nom de « queue de Landau », physicien qui fut le premier à étudier ce phénomène, en 1944). Pour que l'interprétation des résultats ne soit pas faussée par les pertes d'énergie supérieures à la moyenne qui peuvent se produire en tant que fluctuations de Landau, il faut

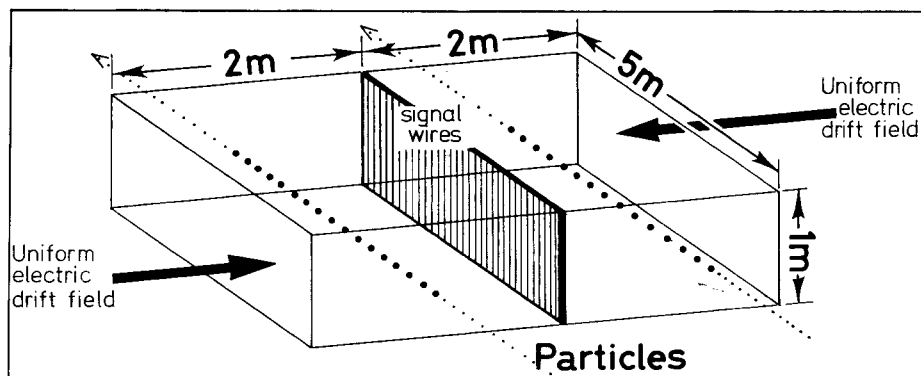
faire une série de mesures (plus d'une centaine) sur la même particule à mesure que celle-ci traverse une suite de petits intervalles de gaz.

La Division des chambres à traces du CERN prévoit d'utiliser ce phénomène de perte d'énergie par ionisation pour l'identification des particules de haute énergie qui émergeront de BEBC, la grande chambre à bulles européenne de 3,70 m. Etant donné que sur la même particule il faudra prendre une série importante de mesures, le détecteur est assez complexe et comprend de nombreux réseaux de fils.

Le projet ISIS prévoit la création d'une grande enceinte de gaz dans laquelle un champ électrique uniforme sera établi. Les paramètres de cette enceinte pourraient être les suivants: 5 m dans l'axe longitudinal du faisceau, 4 m dans l'axe transversal et 1 m de hauteur. Une rangée de fils tendus verticalement dans le plan médian de l'enceinte se trouvent enserrés entre deux plans de fils à haute tension qui fourniront, avec le concours d'électrodes placées sur les côtés de l'enceinte, les gradients de champ de façon à créer une région de dérive de part et d'autre des fils centraux. On peut s'attendre à ce que les particules traversent l'enceinte suivant une trajectoire à peu près parallèle au plan de fils centraux.

Les électrons libérés au passage des particules dériveront vers les fils centraux qui remplissent la même fonction que dans les chambres proportionnelles multifils de type normal. Tout près des fils, ces électrons primaires déclenchent une avalanche d'électrons et chaque fil enregistre un signal apparaissant à un instant dépendant du temps mis par les électrons pour atteindre le fil. Ce temps dépend à son tour de la position de la trace de la particule chargée. Différentes particules arrivent en général à des instants légèrement différents mais, même s'il y en a plusieurs en même temps dans l'enceinte, un système électronique perfectionné devrait pouvoir les différencier. Avec des distances de dérive aussi longues que 2 m, on prévoit une

Schéma d'ISIS montrant la direction du champ de dérive et la disposition des fils détecteurs; l'agencement de l'ensemble est assez différent de celui adopté dans d'autres détecteurs. Les électrons libérés par des particules de haute énergie traversant l'appareil arrivent sur les fils et y déclenchent des signaux dont l'instant d'émission et l'amplitude peuvent fournir des renseignements sur la position et le type de la particule.



précision de 2 mm ou mieux dans la mesure des positions.

Une autre information est fournie par la mesure de l'amplitude de chacune des impulsions arrivant sur un fil central. En effet, l'amplitude est fonction du nombre d'électrons libérés au cours de l'ionisation du gaz et, par voie de conséquence, de la perte d'énergie subie par les particules lors de l'ionisation des atomes de gaz, ce qui permet d'identifier les particules suivant le principe indiqué plus haut.

Le choix d'un gaz de remplissage approprié pose un problème technique. Il importe en effet que les électrons résultant de l'ionisation ne soient pas capturés par les molécules de gaz et parviennent tous aux fils. De plus, les électrons doivent se déplacer suivant une trajectoire directe sous l'influence du champ électrique et non pas rebondir sur les molécules de gaz, ce qui les ferait arriver sur des fils ne correspondant pas à leur position de départ. Un mélange d'argon, dont les couches entièrement peuplées ne peuvent capturer d'autres électrons et de 20 % d'anhydride carbonique, qui « refroidit » les électrons en réduisant leur vitesse aléatoire, s'est montré extrêmement satisfaisant.

Un détecteur expérimental, conçu suivant ces principes, a été construit. Il comprend un plan de fils de 30 cm sur 30 cm, l'intervalle entre les fils étant de 1,5 cm et la grosseur de chaque fil égale à 30 μ m. L'espace de dérive fait 1 m de largeur. Cet appareil a été expérimenté sur le synchrotron à protons de 7 GeV (Nimrod) du Laboratoire de Rutherford. Les expériences ont montré qu'il est possible de différencier les pions des protons et d'enregistrer les positions de trace avec une précision meilleure que 2 mm. Les renseignements obtenus ont été contrôlés par un ensemble de détection installé autour de l'appareil expérimental et comprenant des détecteurs Tchénkov, des détecteurs de gerbes et des détecteurs utilisant la technique du temps de vol.

L'utilisation d'ISIS, à une époque où les physiciens sont très friands de données, se trouve limitée par le fait

que les taux de détection maximaux sont de l'ordre de 10^4 par seconde. Cela est dû au fait que les ions positifs, également créés dans l'avalanche près des fils centraux, ne migrent que lentement (par comparaison aux électrons) vers les électrodes négatives installées sur les parois de l'enceinte et qu'ils doivent avoir quitté la zone de dérive des électrons en nombre suffisant avant que la saisie suivante des données puisse avoir lieu. Il existe cependant de nombreuses expériences pour lesquelles un taux de cet ordre est largement suffisant. C'est ainsi qu'un ensemble de détection, comprenant une chambre ISIS plus une chambre à bulles à cyclage rapide, est actuellement à l'étude pour le SPS du CERN.

ORSAY Mise en service d'ISOCELE

Un nouveau membre de la famille des séparateurs d'isotopes en ligne est entré en service au synchro-cyclotron d'Orsay au début du mois de mars. Cet équipement, appelé ISOCELE, servira à des travaux de spectroscopie nucléaire sur les isotopes de courte période.

Le synchro-cyclotron d'Orsay sert à produire des faisceaux de protons (0,2 μ A à 157 MeV), de deutérons (79 MeV), de particules alpha (157 MeV) et d'ions d'hélium-3 (236 MeV). Il sera modifié prochainement de manière à atteindre une énergie de 200 MeV pour les protons avec des faisceaux d'une intensité accrue (7 μ A). Les protons accélérés sont dirigés sur un ensemble cible-source d'ions qui sera initialement du même type que l'appareillage mis au point par R. Bernas (voir notamment le vol. 13, page 185). La source et l'étage accélérateur sont suivis d'un aimant d'analyse qui sépare les ions selon leur masse et les faisceaux d'ions, sélectionnés et focalisés, sont dirigés grâce

à un aimant d'aiguillage électrostatique vers l'un des trois équipements d'expérimentation.

Au cours de la première série d'essais, au mois de mars, les protons étaient dirigés sur une cible d'or fondu. Des isotopes du mercure ont pu être détectés en abondance jusqu'au nombre de masse 186. On a commencé une autre série d'essais destinés à vérifier les performances des divers types de cibles et à étudier les conditions d'exploitation lorsqu'on remplace le faisceau de protons qui frappe la cible par un faisceau d'ions d'hélium. On pense que, dès le mois de mai, le séparateur sera utilisé régulièrement pour des expériences de physique.

BATAVIA Intensité record

Télégramme: le 17 avril, le synchrotron de Batavia a dépassé 10^{13} protons par impulsion, intensité jamais atteinte. Malgré une efficacité modeste de la transmission de l'éclateur de 8 GeV (qui recevait 10^{14} protons du Linac de 200 MeV mais n'en transmettait que 15 %) et une perte de 38 % dans l'anneau principal, un faisceau de 10^{13} fut accéléré jusqu'à 300 GeV à raison d'une impulsion toutes les 6 s. Ce record pourrait encore être battu puisque le NAL a été conçu pour atteindre l'intensité ambitieuse de 5×10^{13} ppi.

CAMAC



- Model 2249
12-Channel ADC**
- 12 ADC's in single-width CAMAC module.
 - 10-bit (1024 channel) resolution.
 - Built-in fast linear gate.
 - Built-in fast clear.
 - DC-coupled inputs.
 - 0.25 pc/count sensitivity.
 - Full LAM functions.
 - Built-in test mode.
 - High digitizing speed.
 - Power dissipation within CAMAC limits.



- Model 2228
Octal 10-Bit TDC**
- 8 channels in single-width module.
 - Resolution 100 ps/count on 102 ns range, 200 ps/count on 204 ns range.
 - Precision on-line test capability.
 - Common front-panel fast clear.
 - Rejects stops without starts.
 - Fast digitizing rate.
 - Full LAM functions.
 - Power dissipation within CAMAC limits.

NIM



- Model 370L
8-Channel Strobed Coincidence**
- 8 logic inputs, one common gate.
 - 4 NIM overlap outputs/channel.
 - Low 3 ns input-output delay.
 - Double-pulse resolution < 8 ns.
 - Single-width module.

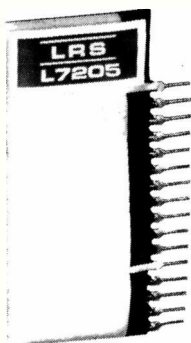


- Model 333
Dual Linear Amplifier**
- 2 ns risetime.
 - Bipolar operation.
 - Direct-coupled.
 - Gain variable from x1 to x10 in 2 db steps.
 - Low time slewing.
 - Rapid overload recovery.
 - High stability.



- Model 335
Quad Linear Amplifier**
- Four x6 amplifiers in single-width module.
 - < 2 ns risetime.
 - Direct-coupled.
 - Delay < 2 ns.
 - Bipolar operation.
 - Noise < 100 μ V rms, referred to input.
 - DC stability 0.2 mV per degree C.

HYBRID CIRCUITS



- Model L7205
Proportional Chamber Front End**
- Two complete Discriminator-Delay-Registers.
 - Threshold variable from 2-20 mV.
 - Differential inputs.
 - Individual fast outputs.
 - Delay variable from 350 to 650 ns.
 - No crosstalk under 30 db.
 - Gated and ungated TTL outputs.
 - 0.8" x 2" x 0.1" package size.

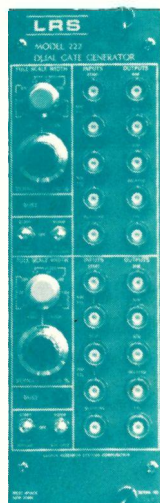


- Model LD602: Drift Chamber Discriminator**
- Threshold variable from 3mV up.
 - Hi Z input; may be terminated with external resistor.
 - Output variable from 5-25 ns.
 - MECL or NIM level outputs.
 - Time slewing 1.5 ns, 2x to 20x.
 - Directly compatible with standard TDC's.



- Model QT-100B: Charge-to-Time Converter**
- For sample/hold or current-integrating ADC's.
 - Direct-coupled.
 - Virtual ground input impedance.
 - Built-in linear gate.
 - Open collector TTL output.
 - 256 pc full scale $\approx$ 50 μ s.
 - Built-in fast clear.
 - 16-pin dual in-line (DIP) package.
 - Low power consumption.

pace-setting advances in fast electronics



Model 222 Dual Gate Generator

- Combined gate and delay generator.
- NIM and TTL start and stop inputs.
- NIM (normal and complement) and TTL outputs.
- NIM level blanking input.
- NIM level delayed output.
- Delay and output duration range 10 ns to 11 sec.
- Built-in bin gate drivers.
- Highly stable, rate-independent operation.



Model 688L Level Adapter

- 8 NIM to TTL and 8 TTL to NIM converters (16 channels in all).
- TTL outputs drive terminated 50 Ω cable.
- Output durations equal to input durations.
- Switch-selectable inverting or non-inverting operation.
- No duty cycle limitations, fast rise-times and falltimes.



Model 621L Quad Updating Discriminator

- Threshold variable -30 to -600 mV.
- Threshold monitor point.
- 8 ns double-pulse resolution.
- 6 outputs/channel.
- Output durations from 5 to 1000 ns.
- Time slewing < 1 ns
- Within NIM power limits.



Model 620L 8-Channel Discriminator

- -30 to -600 mV commonly variable threshold.
- Stability < 50 μ V per degree C.
- 3 outputs per channel.
- Output widths variable 5-20 ns.
- 100 MHz operation.
- Stage delay < 8 ns.

300 GeV accelerators, storage rings, and colliding beams are rapidly changing the electronics used in particle physics. New techniques—such as proportional and drift chambers, lead glass hodoscopes and shower counters, high resolution time-of-flight—are requiring a whole new generation of fast electronics.

And LRS is setting the pace. Already the world leader in fast instrumentation, LRS is introducing many new circuits to meet the requirements of tomorrow's experiments. These innovative designs, some of which can be seen on these pages, are engineered to do physics accurately, reliably, and at a reasonable cost.

If you would like more information on these LRS *Pace-Setters*, call or write *Raymond Chevalley*, Technical Director, LeCroy Research Systems SA, Geneva, or your local LRS Sales Office.

LeCroy Research Systems SA

81, Avenue Louis Casai • 1216 Cointrin-Geneva • Switzerland
Phone: (022) 34 39 23 Telex: 28230

LeCroy Research Systems Corp.

126 NORTH ROUTE 303 WEST NYACK, N. Y. 10994
Phone: 914/358-7900 • TWX: 710-575-2629 • Cable: LERESCO

SALES REPRESENTATIVES IN:

SWITZERLAND

LeCroy Research Systems S.A.
81, Avenue Louis-Casai
1216 Cointrin-Geneva
Switzerland

GERMANY

Canberra Elektronik GmbH
6000 Frankfurt/Main 70
Geleitstrasse 10
West Germany

UNITED KINGDOM

A.E.P. International Ltd.
Victor House, Norris Road
Staines, Middlesex
England

Le connecteur BURNDY PCB pour systèmes CAMAC : un connecteur à hautes performances pour circuits imprimés

Les techniques nouvelles et révolutionnaires des circuits, par l'utilisation de composants à hautes performances, donnent une nouvelle dimension aux caractéristiques de fiabilité des systèmes électroniques. De ce fait, des concepts d'assemblage imposent de nouveaux paramètres de performances aux éléments d'interconnexion tels que connecteurs pour circuits imprimés.

Le nouveau connecteur BURNDY encartable du type PCB au pas de 2,54 mm est conçu de façon à répondre à ces critères de fiabilité. Son concept applique les résultats de recherches et de développements qui ont été réalisés tant sur les matériaux que sur les procédés de fabrication et les techniques de protection par dépôt de divers matériaux.

Le connecteur PCB accepte des cartes circuits imprimés dans les épaisseurs de 1,47 à 1,80 mm pour interconnexions de carte à carte ou de carte à câblage traditionnel.

Le PCB vous offre:

Le connecteur PCB

Le corps du connecteur PCB est monté en résine thermoplastique renforcée: Polysulfone, laquelle se caractérise par des propriétés diélectriques et de stabilité dimensionnelle élevées. Ce connecteur, de par ses dimensions et ses tolérances requises, assure un parfait positionnement et alignement des contacts dans leurs alvéoles garantissant les caractéristiques optimales d'interconnexion avec les circuits de la carte « composants ». Les caractéristiques d'enfichage de la carte « composants » sont également améliorées par le chanfrein d'entrée de la fente du connecteur et les guides moulés à chacune de ses extrémités.

Le concept de contact PCB

Le contact ressort « monolame » chargé à hautes performances et réalisé en bronze phosphoreux assure les caractéristiques de fiabilité requises des circuits d'interconnexion. Ce contact chargé garantit, à déflexion minimale, une

force de contact suffisante pour une résistance électrique de contact faible et stable. Sous l'action de cette force, les couches d'oxyde sont éliminées assurant des liaisons à haute conductivité spécialement requises pour les circuits de faible intensité.

La géométrie du contact ressort en son point d'appui avec la carte circuits imprimés assure des caractéristiques d'endurance mécaniques optimales éliminant, de ce fait, les risques d'usure rapide des revêtements de protection et de discontinuités de circuit par présence d'oxydes.

L'état de surface du contact permet également des dépôts, par métaux nobles, plus homogènes, réduisant substantiellement leur niveau de porosité. Il en découle des caractéristiques plus élevées de résistance à la corrosion et à l'abrasion. Les contacts sont protégés par revêtement or sur nickel dans des épaisseurs relatives aux conditions d'utilisation.

Par le principe de rétention du contact dans le corps du connecteur, les contraintes dues à la technique de câblage ne peuvent en aucun cas perturber les caractéristiques fonctionnelles du contact ressort. Cette caractéristique permet de maintenir l'alignement des contacts dans les tolérances requises.

Les sorties du PCB

Les connecteurs PCB sont disponibles avec des sorties pour connexions enroulées miniatures et connexions soudées sur carte et fils. La dimension des sorties, leurs tolérances et alignement assurent leur parfaite compatibilité avec les techniques de câblage actuelles.

La polarisation du PCB

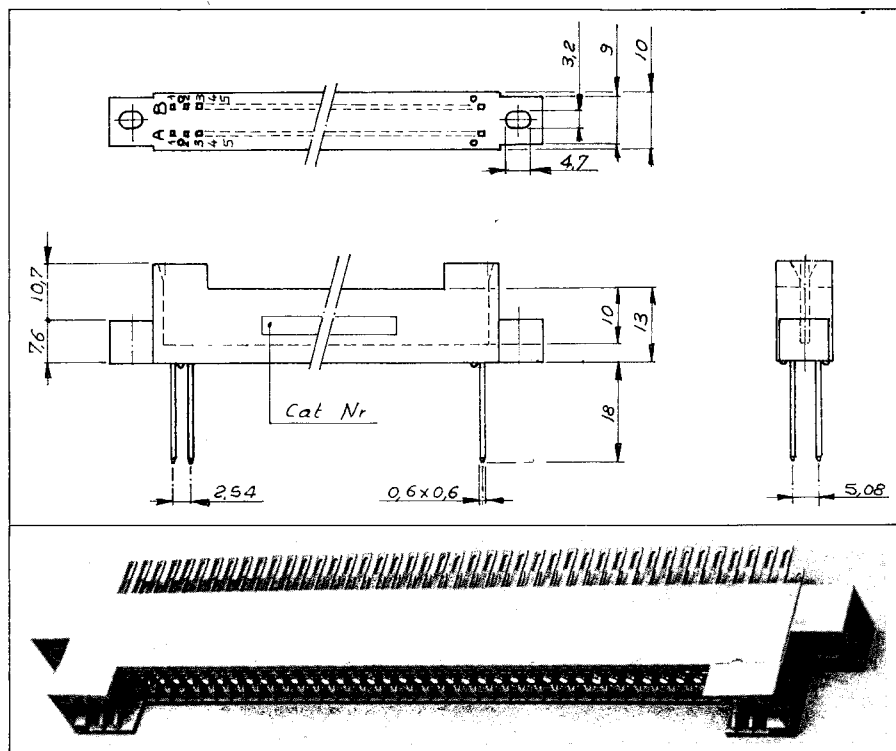
Le détrompage connecteur-carte est réalisé au moyen de détrompeurs en matière plastique positionnés dans le connecteur entre deux contacts ou sur contacts. Cette technique permet une utilisation maximale des contacts.

Les brochages du PCB

Le connecteur BURNDY PCB du type CAMAC existe en 43 positions. Une variante à 31 positions est également disponible pour des applications spécifiques.

Les principales performances du PCB BURNDY

- Intensité nominale: 3A
- Température d'utilisation: -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$
- Tension de service: 230 V AC, 330 V DC
- Résistance de contact: $< 0,007 \Omega$
- Résistance d'isolement: 5000 M Ω (Min)
- Rétention du contact: $> 3 \text{ kg}$
- Force de contact: $> 50 \text{ gr}$



BURNDY ELECTRA A.G.
Hertistrasse 23 – Tél. (01) 93 48 18
Télex 55 549 – 8304 Wallisellen



Special Wires and Cables for Electronic Use from our Standard Range or Tailored to your Requirements

Control and Signal Cables
Miniature Control Cables
Branch Highway Cables (CAMAC listed)
Coaxial and High Frequency Cables
Interconnecting Cables for Data Transmission
Equipment Wires
Flat Cables, bonded or woven

We are ready to help you solve your wire and cable problems

Leonische Drahtwerke AG

Marienstrasse 7

D 85 NÜRNBERG (Federal Republic of Germany)

Telephone : (0911) 204881 Telex : 06 / 22 111

VACANCE DE POSTE

Titre : **Ingénieur**

Lieu de travail : **Laboratoire de l'Accélérateur linéaire
Groupe des anneaux de collisions
ORSAY (France)**

Poste : Ingénieur contractuel à IN2P3 (CNRS)

Connaissances requises en électricité, mécanique, vide.
Habitude de travail sur chantiers.

Activités prévues : Assister le Directeur du Projet (P. Marin) dans les activités d'installation, de montage, de mise en route, et de vérification de l'anneau de collisions e⁺e⁻ (DCI) de 1,5 GeV actuellement en construction à Orsay. Une expérience équivalente sur un autre accélérateur est souhaitée.

Salaire et conditions diverses de travail : Suivant titre et expérience

de FF 6000 à 7000 par mois

Vacances : 1 semaine à Noël
1 semaine à Pâques
6 semaines en été

Les personnes intéressées doivent contacter téléphoniquement au 907-78.24, ou par écrit à P. Marin, Laboratoire de l'Accélérateur linéaire, 91 Orsay.

Le Monde du TITANE



Connaissez-vous le titane? Ce métal aux multiples possibilités associe la résistance mécanique, la légèreté et le faible prix de revient. Il a permis de réaliser des progrès considérables dans de nombreuses applications industrielles. Vous aussi, vous devriez peut-être l'utiliser... Pour en savoir plus, prenez contact avec :

metallbodio LTD.,

P.O. BOX 296 STEINENTORSTR. 20, CH-4010 BASLE
TEL. 061 23 89 53 TELEX 62 270

Représentant :

TITANIUM METAL & ALLOYS LIMITED,
2 METAL EXCHANGE BLDG., LONDON, E.C.3.

Digital présente



Les fabricants d'ordinateurs font des efforts. On trouve maintenant un bon nombre d'unités centrales de traitement à des prix attractifs. Ceux de Digital en particulier. Mais nous sommes les seuls qui puissions vous procurer les premiers Mini-systèmes intégrés pour un prix 30% inférieur à la somme des prix des éléments qui le composent. Pourquoi? C'est bien simple. Nous fabriquons tous nos éléments nous-mêmes. Et notre production est largement supérieure à celle du plus important de nos concurrents.

Il y a 3 Mini-systèmes Digital. Vous sélectionnez celui qui correspond le mieux à votre problème. Et vous bénéficiez en même temps d'un imbattable rapport qualité prix. D'une assistance software toujours présente. Et d'une formation systématique de votre personnel.

Le standard-11. Il n'y a pas de système informatique standard qui permette des applications aussi diverses. Il offre des mémoires à disques et à bandes. Et une grande variété de systèmes softwares. Voici ce que vous avez dans le colis:

La nouvelle unité centrale de traitement de 16 bits du PDP-11E10 comportant une mémoire à tores de 16K, cycle de base: 980 nanosecondes.

Un chargeur câblé.

Un disque à cartouche RK-05 de 2,4 millions d'octets.

Deux unités de cassettes pouvant contenir chacune 150.000 octets de données.

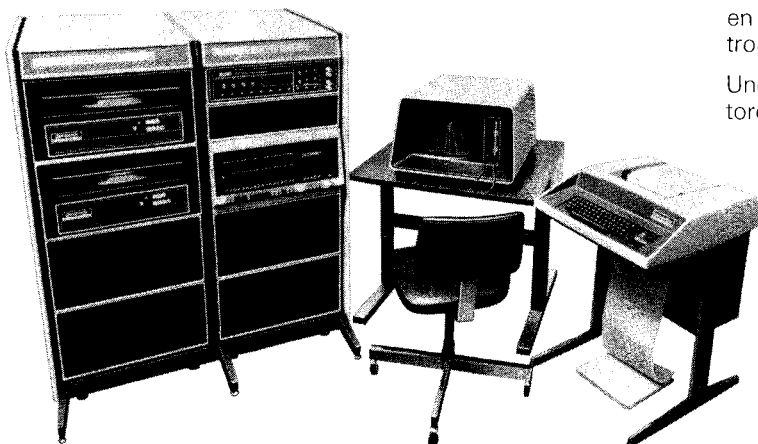
Le DECwriter de 30 caractères/seconde avec clavier de commandes et imprimante.

Le système d'exploitation en temps réel RT-11 permettant d'utiliser le BASIC et le FORTRAN, ou notre système de traitement DOS permettant le traitement par lot et l'utilisation du FORTRAN.

Ça vous convient?

Le système DECLAB-11/40. Pour la recherche en laboratoire. C'est le plus complet que vous puissiez trouver. Il comprend:

Une unité centrale de traitement PDP-11/40. Mémoire à tores de 16K mots.



les Mini-Systèmes.

Cycle de base: 980 nanosecondes.

Deux disques à cartouches RK-05 de 2,4 millions d'octets chacun.

Une unité de visualisation graphique avec génération hardware de caractères et de lignes, équipée d'un crayon photosensible.

Le LPS-11, périphérique de laboratoire comprenant:
un convertisseur analogique/numérique avec échantillonneur/bloqueur, un multiplexeur pour 8 canaux et un affichage à diodes électroluminescentes d'une capacité de 6 chiffres;

un dispositif de préamplification sur 4 canaux analogiques;

une horloge en temps réel programmable;

un registre tampon d'entrée/sortie numérique de 16 bits.

Un DECwriter de 30 caractères/seconde avec clavier de commandes et imprimante.

La version, destinée à la recherche en laboratoire, du système d'exploitation en temps réel RT-11 permet l'emploi du BASIC et du FORTRAN.

Et, en plus, 4 cours de formation gratuits.

Le système graphique GT-44. Parmi toutes les unités graphiques, il prend la tête à l'indice prix performance. Il vous offre en vrac:

Une unité centrale de traitement PDP-11/40. Mémoire à tores de 16K mots.

Cycle de base: 980 nanosecondes.

Un chargeur câblé.

Deux disques à cartouches RK-05 de 2,4 millions d'octets chacun.

Une unité de visualisation graphique avec génération hardware de caractères et de lignes équipée d'un crayon photosensible. Ecran de 43 cm.

Un DECwriter de 30 caractères/seconde avec un clavier de commandes et imprimante.

La version graphique RT-11/GT du système d'exploitation en temps réel permettant l'utilisation du BASIC.

Quatre cours de formation gratuits.

Intéressant?

Mini-systèmes Digital: De toutes façons, c'est rentable.

De toutes façons, je désire en savoir plus sur les Mini-systèmes suivants;

☐ Standard 11 ☐ DECLAB 11/40 ☐ Graphique GT-44

☐ Envoyez-moi une documentation

☐ Prenez rendez-vous pour un de vos ingénieurs

Nom _____

Fonction _____

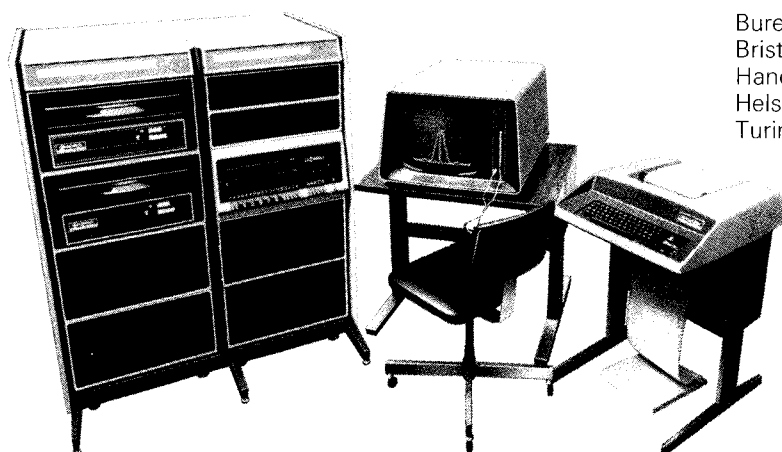
Société _____

Adresse _____

Ville _____

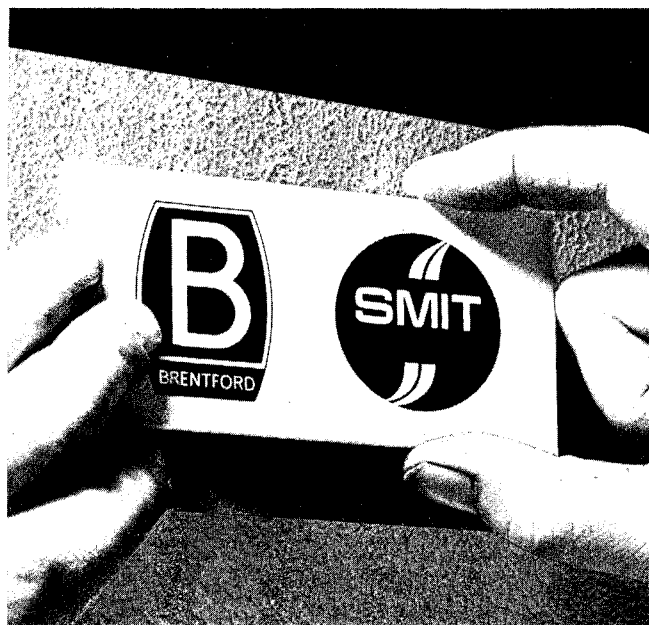
Téléphone _____

Digital Equipment Corporation International – Europe
81, route de l'Aire,
CH-1211 Genève 26, tél. (022) 42 79 50.



Bureaux à Reading, Londres, Manchester, Birmingham, Bristol, Edimbourg, Berlin, Munich, Cologne, Francfort, Hanovre, Stuttgart, Vienne, Stockholm, Oslo, Copenhague, Helsinki, Paris, Grenoble, La Haye, Bruxelles, Zurich, Milan, Turin.

digital



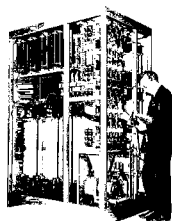
Une puissante association...

*Maintenant Smit (Hollande) et Brentford (Angleterre)
vous offrent leur grande expérience commune
dans le domaine des alimentations continues à stabilité élevée*

Face aux besoins de la recherche nucléaire en alimentations continues très élaborées, deux grands noms européens se détachent: Brentford (Angleterre) et Smit (Hollande). Désormais ils mettent en commun leur expérience mondiale et leurs ressources pour satisfaire vos futures demandes. Vous pouvez maintenant être doublement sûr que s'il existe une solution à votre problème particulier, leurs équipes spécialisées en énergétique et électronique la découvriront. Appelez l'une ou l'autre de ces firmes, et leur potentiel commun en matière d'étude technique et de fabrication sera à votre service. Les alimentations Brentford/Smit, dont des centaines sont installées dans le monde entier, fournissent de 1 à 10 000 kW. Faites leur connaître vos nouveaux besoins et vous bénéficierez de cette exceptionnelle association de spécialistes en énergétique.

Brentford

Brentford Electric Limited Manor
Royal, Crawley, Sussex RH 10 2QF
England,
Téléph. : Crawley (0293) 27755
Télex 87252



Smit

Smit Nijmegen BV
Groenestraat 336,
Nijmegen, Netherlands.
Téléph. : 080-558600.
Télex : 48167.

Partie puissance d'une alimentation continue Brentford/Smit
à stabilité élevée: 185 V, 1100 A.

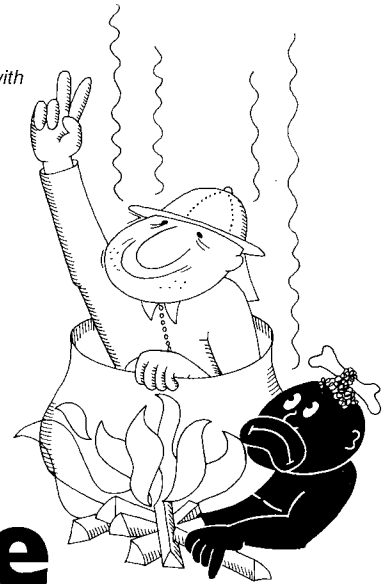
Huber + Suhner solve all cable and connector problems. For example:

Different types of Teflon-insulated SUHNER cables are available for the most varied applications. Here are three examples:

Flexible SUHNER coaxial cable with dielectric and jacket made of Teflon FEP, Teflon PTFE or PFA

Multi-core flexible cable, insulated with Teflon FEP and fibreglass

SUHNER semi-rigid cable with copper tubing and dielectric made of Teflon PTFE



Suhner Teflon cables are tough even in the hottest conditions!

Ordinary plastic-insulated cables begin to soften up at temperatures ranging from 70°C to 110°C.

Apart from the mechanical strength the electrical transmission properties also deteriorate. Whereas SUHNER Teflon cables function perfectly.

The reasons for the occurrence of extreme temperatures are manifold. Dielectrics and insulations made of ordinary thermoplastics get damaged even during assembly by the soldering. High temperature fluctuations due to climatic conditions or wiring in ovens and freezers also demand a high insulation resistance to temperature. Power transmission in high-frequency and heavy-current engineering requires Teflon insulation due to the high conductor temperatures that occur. Other advantages such as higher propagation velocity (digital signal transmission) and chemical resistance to aggressive compounds justify the

increased application of Teflon-insulated conductors and cables.

Huber + Suhner supply:

- RF cables according to US-MIL specifications and supplementary types with dielectric diameters from 0.86 to 7.25 mm
- Low-noise coaxial cables with dielectric diameters 0.86 and 1.5 mm
- Heat-resistant wiring conductors, flexible or rigid, cross-section 0.28 to 95 mm²

Teflon is processed in two qualities:

Teflon[®] PTFE for -270 to +250°C, the

less expensive Teflon[®] FEP for -150 to +200°C.

Teflon[®] = registered trademark of Du Pont.



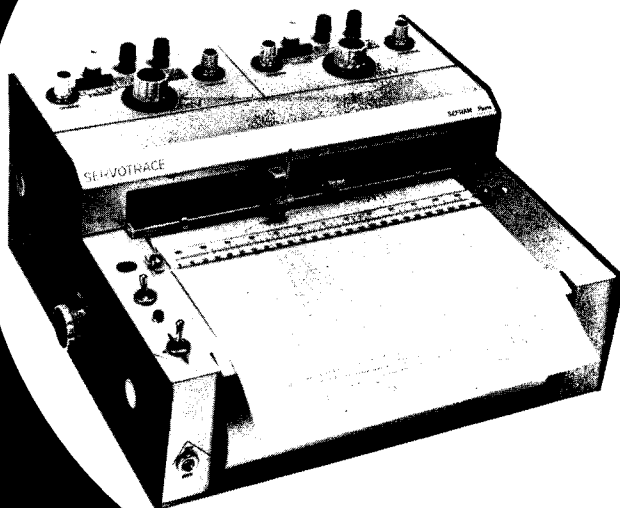
HUBER+SUHNER AG

Herisau Works
Cable, Rubber and Plastics Works
9100 Herisau Phone 071/53 15 15
Telex 77 426

Schlumberger

$$Y = f(t) \text{ ou}$$

$$Y = f(X)$$



Enregistreur de laboratoire
type Servotrace

**Une gamme complète
avec un seul
dénominateur:
la qualité SEFRAM!**

- enregistreurs potentiométriques ou galvanométriques à 1 ou 2 voies, utilisables pour les niveaux les plus bas; impédance d'entrée > 70 MΩ, temps de réponse < 0,4s
- enregistreurs X/Y avec calibres dès 1 mV pleine échelle et base de temps incorporée
- enregistreurs suiveurs de spot
- enregistreurs oscillographiques multivoies à scripteurs interchangeables

**Plus de 14 000 enregistreurs
en service**

Schlumberger

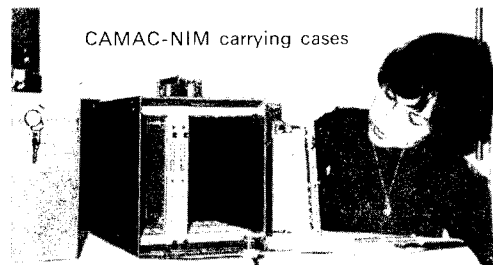
8040 Zürich
Tel. 01 52 88 80

1207 Genève
Tél. 022 35 99 50

München – Wien – Paris – Mailand – Stockholm

**High
Energy
& Nuclear
Equipment
S.A.**

CAMAC-NIM carrying cases



"HENESA was established in Geneva seven years ago to act as the technical liaison link between science based industry and CERN, other similar establishments, Universities, Medical Centres and Industry at large. Our Suppliers — mostly in the United Kingdom, Canada and the U.S.A. — employ over 1000 physicists, engineers and other technical staff specialized in the design and manufacture of Systems, Radiation Detection Devices and associated electronics, Compact Cyclotrons, NMR Digital Gaussmeters, Ion Beam Optical Systems, very small Reactors, Cobalt-60 Irradiators and Sterilization Systems, Cobalt-60 and other Sources including MAPLE independent Cobalt-60/electrical power generators, Cobalt Therapy Units, and biological instruments for the rapid detection of bacteria and for photometric analysis of cells.

We would especially like to draw your attention to the Ion Beam Optical Systems, Instrumentation and Accessories including the NMR Gaussmeter previously manufactured by SPECTROMAGNETIC INDUSTRIES — now part of the CYCLOTRON CORPORATION. Many of you will know SPECTROMAGNETIC'S analyzing, switching and quadrupole magnets, high resolution precision magnetic Spectrometers and Spectrographs and we shall be glad to bring you up to date on the latest specifications.

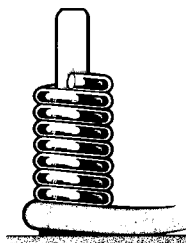
We would also like to highlight the availability, from stock, of our 8 and 12 Module CAMAC carrying cases (illustrated in the photograph). These are equally suitable for NIM units, they are lockable, strong and inexpensive as well as being ideal for the safe storage of instruments in the laboratory or when they have to be moved."

SUPPLIERS

Nuclear Enterprises Ltd.	Bio-Physics Systems Inc.
The General Eng. Co. (Rad) Ltd.	Atomic Energy of Canada Limited
S.E. Laboratories (EMI) Ltd.	Teledyne Isotopes
Computer Instrumentation Ltd.	Johnston Laboratories Inc.
T.E.M. Instruments Ltd.	Electronics and Alloys Inc.
Laben	Photophysics Inc.
The Cyclotron Corporation	Conographic Corporation

HENESA - 2, chemin de Tavernay, 1218 Geneva. Telephone (022) 98 25 83/82. All inquiries to this address or by telex-number 23 429. Other companies in Germany — HE+NE (Deutschland) GmbH, Frankfurt, and Spain and Portugal — HENESA (Spain), Madrid.

WE WRAP WIRE



The Electronics Division of Vero Precision Engineering Limited have expanded their services to industry with the addition of an N.C. Wire Wrapping facility, comprising wire stripping and wire wrapping machines.

With this facility work can be completed in a fraction of the time taken by conventional methods, with the added advantage that once the tape has been prepared, each assembly produced from the tape, will be identical.

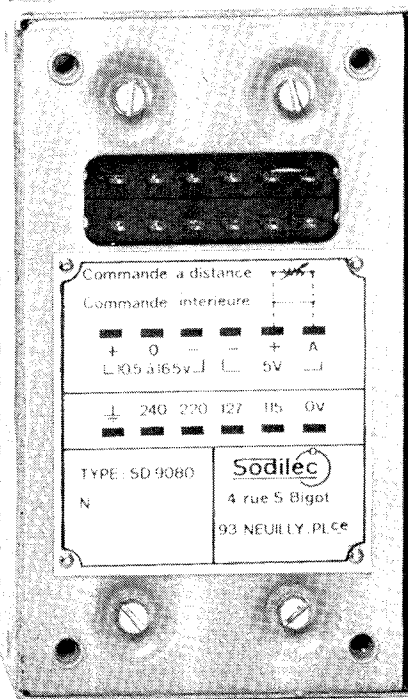
Coupled with this provision for wire wrapping we offer a fast wire stripping service supplying wire cut and stripped to customers' requirements.

We would also draw your attention to other services offered by the Electronics Division of Vero Precision Engineering Limited: Prototype Electronic Wiring, Production Wiring, Control Panel Wiring, Loom Design and Assembly Wiring, Wiring and Assembly of P.C.B.s, Chassis Manufacture and Wiring, Cubicle Manufacture and Wiring, Test and Inspection to Customers' Specifications, Development of Electrical Control and Switch Panels for Special Purpose Machinery.

Vero Precision Engineering Ltd,
(ELECTRONICS Division),
(Electronics Division),
South Mill Road, Regents Park, Southampton.
Telephone: 771061 Telex: 477603

vero

une nouvelle réalisation SODILEC: le bloc modulaire alimentation tri-source



Dans un volume
de 70 x 120 x 125 mm (1 litre)

Voie 1 : 5 V - 2 A

Voie 2 : + 10,5 V à + 16,5 V - 0,15 A

Voie 3 : - 10,5 V à - 16,5 V - 0,15 A

Possibilité de symétriser et dissymétriser
les voies 2 et 3 par potentiomètre
incorporé.

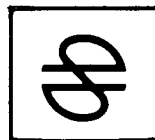
Les 3 voies sont protégées contre
courts-circuits, surcharges et surtensions.

Régulation : $< 2 \cdot 10^{-4}$

Ondulation résiduelle : $< 1 \text{ mV c/c}$

Souplesse d'utilisation : Conçue pour
alimenter à la fois circuits logiques
(DTL, TTL, MOS et CMOS), et analogiques
(Amplis opérationnels,...)

Notice sur demande.



Sodilec

7, avenue Louise 93360 NEUILLY-PLAISANCE

Tél. : 927.38.07 TELEX : UPIEX 22 429 F

AGGROUPEMENT 464



OPTICAL GLASS

PEMG

PARTICLE ENERGY MEASURING GLASS

SEVERAL NEW GLASS TYPES* — NOW AVAILABLE FROM BOURNS

CERENKOV COUNTER GLASS TYPE	PEMG 1	PEMG 2	PEMG 2A	PEMG 4	PEMG 5
PbO Content—% by Wt.	50.0	45.0	45.0	55.0	61.0
Specific Gravity	3.85	3.61	3.61	4.08	4.47
Radiation Length (cm)	2.84	3.22	3.22	2.54	2.17

Ohara PEMG glasses are distributed throughout North America and Europe by Bourns Optical Glass. Our glasses are known around the world for highest quality, reasonable prices, and reliable delivery. Finely polished pieces ready for use are supplied in square, rectangular, hex and disc shapes made to your specific requirements.

For more information such as internal transmittance data, physical, chemical and mechanical properties, users list, and a proposal, please contact either office.

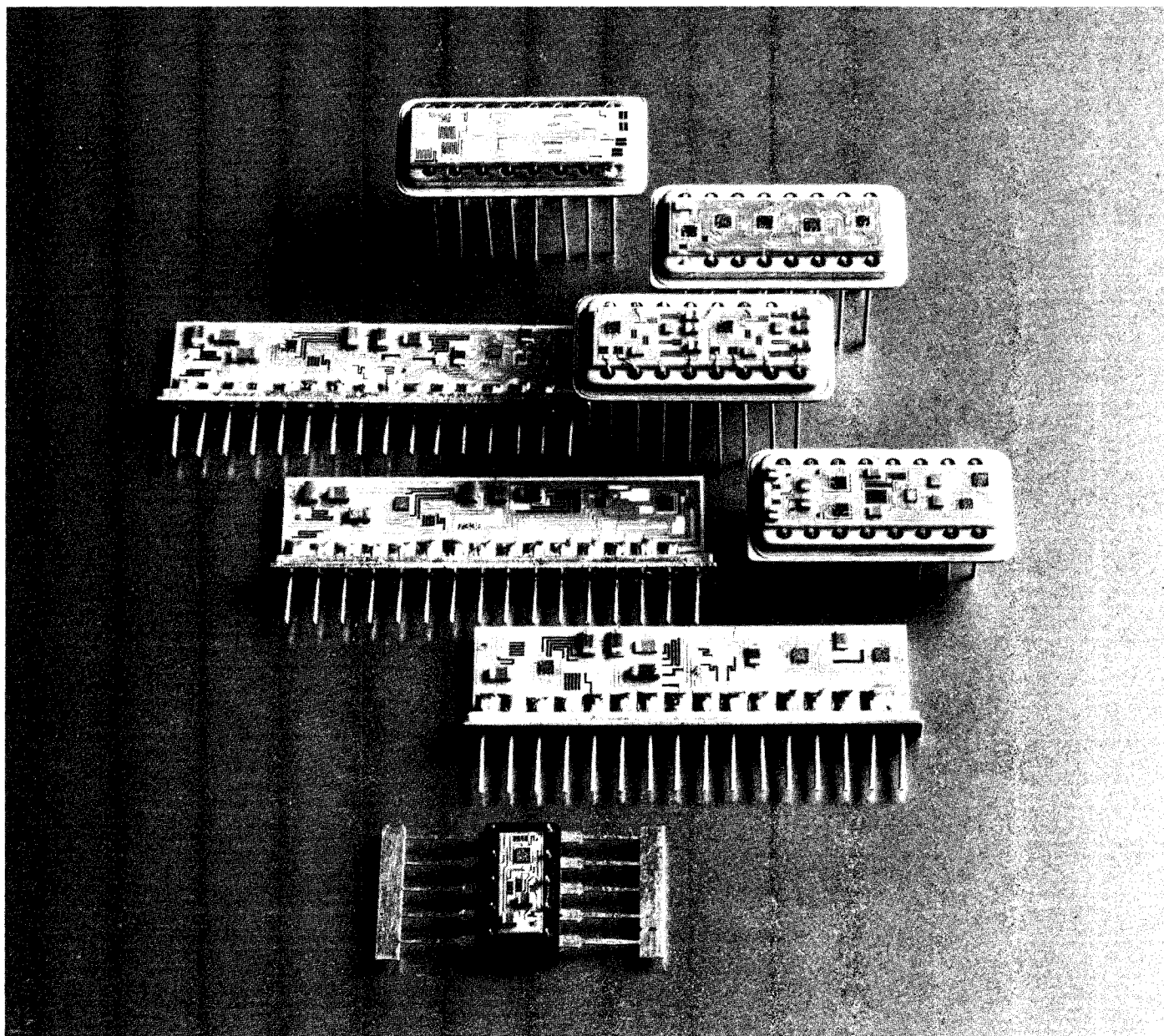


OPTICAL GLASS

1790A Springfield Ave.
New Providence, N. J. 07974
Phone: 201-665-1666
Telex: 1-36469

P. O. Box 45708
Los Angeles, CA. 90045
Phone: 213-641-2485
TWX: 910-328-6158

AD. NO. 73-32
MARLBOROUGH ASSOCIATES, INC.
1234 IOWA AVE., RIVERSIDE, CALIF. 92506



**amplificateurs et préamplificateurs
en «couches minces»
pour compteurs proportionnels
multifils**

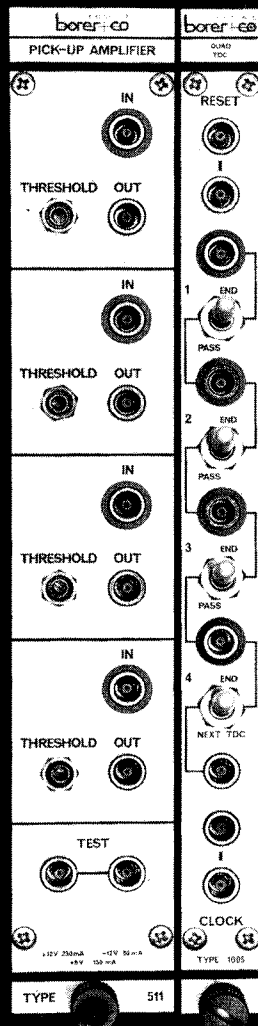


DEPARTEMENT PHYSIQUE ET MECANIQUE
MICROELECTRONIQUE - SERVICE COMMERCIAL

41, rue Périer - 92120 MONTRouGE - Tél. 253.37.90 - Téléc. : 27 431 F

Another Instant Camac Package

Why look further?



*This integrated Spark Chamber
Readout System can save you time
and money:*

Quad Pick-up Amp Type 511 + Quad TDC Type 1005

- use of NIM and Camac standards optimises system configuration
- 511 shapes as well as amplifies
- leading edge or real-time modes
- fast recovery from heavy overloads
- 1005 has centre-finding logic
- arbitrary number of sparks per line

borer

4500 SOLOTHURN 2, SWITZERLAND
tel : 065/4 88 21 telex : 34228

Circuits imprimés

cicorel ci

Ch. de Rionza 5 - 1020 Renens/Suisse

Tél. (021) 256666 - 65 Telex 25640

Articles techniques en caoutchouc et matières plastiques

Voilà l'adresse
qu'il vous faut :

Gummi Maag
8051 Zurich
Tél. (01) 40 11 00

Envoyez-nous ce coupon et vous recevrez gratuitement la documentation suivante :

- ☐ catalogue de tuyaux
- ☐ catalogue de tuyaux pour l'hydraulique
- ☐ catalogue de tuyaux de ventilation
- ☐ catalogue de joints toriques et bagues d'étanchéité
- ☐ collection d'échantillons de plaques en caoutchouc
- ☐ éléments de transmission
- ☐ profils en caoutchouc et en plastique
- ☐ gants de protection en caoutchouc
- ☐ notre périodique MAAGinform
- ☐ matériaux diélectriques

Nom _____

Département _____

Téléphone interne No _____

Spécialement intéressé _____

Signature _____ Date _____

Nous avons des mélanges de caoutchouc spécialement résistants aux radiations donnant pleinement satisfaction - contactez-nous s.v.pl. pour tout ce qui concerne les tuyaux, les profils, les plaques, les joints, les câbles, etc. en caoutchouc et en matière plastique.

Ultra 123

le taraud
robuste
pour matières
difficiles
à travailler

Ultra GG

le taraud
spécial
pour fonte,
à rendement
supérieur

105 Ultra

le taraud
universel

131 Ultra

le taraud
spécial
pour trous
borgnes
à rendement
supérieur



Notre programme Ultra
est une spécialité
de toute première classe
et signifie pour vous:
meilleur rendement!
Avec ces quatre types Ultra
vous résoudrez
tous vos problèmes
de taraudage.

ULTRA

Charles Manigley+Cie

2572 Sutz - Suisse Tél. 032 - 7 11 51 Telex 34 451

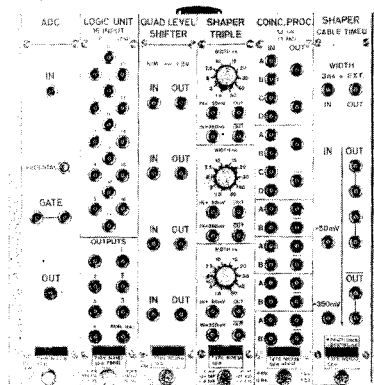
TRY

SEMRA BENNEY

FOR :

NIM INSTRUMENTATION (CERN RANGE)
NIM HARDWARE (FULL RANGE)
CAMAC HARDWARE (MODULES)
CAMAC CABLES (88 & 132 WAY)
MODULAR POWER SUPPLIES (STABILISED)
CUSTOM-DESIGNED EQUIPMENT
COMPLETE SUB-CONTRACT FACILITIES

SEMRA BENNEY (ELECTRONICS) LTD.,
BRICKFIELD LANE, CHANDLER'S FORD
EASTLEIGH, HAMPSHIRE, UK, S05 3 DP. TEL. (04215) 61147 & 5477

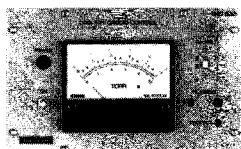


Ces dernières
astuces
des composants...



...vous les retrouverez dans les nouveaux manomètres à ionisation de BALZERS

Des composants électroniques modernes et une conception équivalente des circuits constituent, en commun avec le principe de l'ionisation à cathodes chaudes bien éprouvé, les meilleures conditions de la réalisation d'un équipement de mesure de vide répondant aux exigences de l'avenir. Ce qui intéresse surtout l'utilisateur du vide dans les solutions du futur ce sont les avantages qu'elles lui apporteront. Veuillez en trouver ci-dessous les plus importants, les autres étant repris dans la documentation détaillée que nous nous ferons un plaisir de vous envoyer sur demande.



Gamme de mesure: 10^{-1} à 10^{-8} torr – systèmes de mesure: jauges HiFi et BA – affichage exact de la pression sur une échelle logarithmique – signal de sortie de 10 V – demi-tiroir de rack de 19" – réglage et contrôle du zéro et du courant d'émission non nécessaires – surveillance automatique du courant de la cathode.

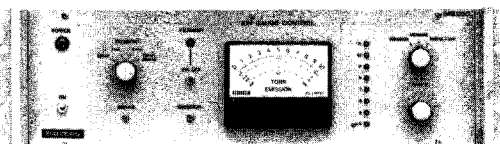


Gamme de mesure: $2 \cdot 10^{-3}$ à 10^{-12} torr – système de mesure: jauge BA – affichage numérique et commutation automatique du domaine – sorties de signal analogiques et digitales pour la commande de processus et pour le raccordement d'un ordinateur – tiroir de rack de 19".

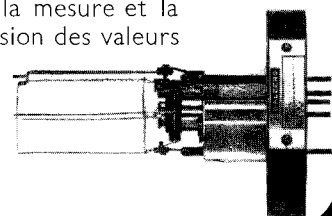
Grande gamme de courant d'émission – dispositifs de dégazage et de modulation – protection multiple du circuit électronique et des cathodes de la jauge – possibilité de télécommande de la cathode – amplificateurs de haute qualité, très stables, pour la mesure et la régulation de courant d'émission, garantissant une grande précision des valeurs de mesure.

Outre la jauge à ultra-vide IMR 132 (bride NW 35 CF), également nouvelle, il est possible d'utiliser la plupart des jauges courantes du type BA.

BG 800 019 PF DN 5524



Gamme de mesure: 10^{-3} à 10^{-12} torr – système de mesure: jauge BA – affichage numérique et commutation manuelle avec indication du domaine par diodes lumineuses – sortie de signal de 10 V/5 mA par décade – tiroir de rack de 19".



BALZERS filiales à:

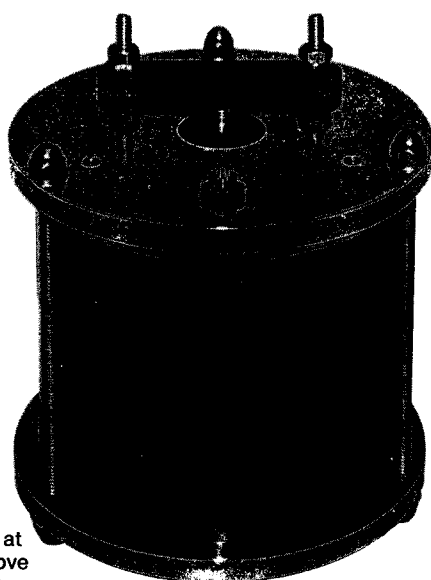
Zürich (CH), Frankfurt/M (D), Wien (A),
Kungsbacka (S), Berkhamsted (GB),
Santa Ana (USA), Meudon (F), Milano (I)

BALZERS

BALZERS AKTIENGESELLSCHAFT
für Hochvakuumtechnik und Dünne Schichten
FL 9496 Balzers

Are NbTi magnets limited to 60-70 kiloGauss?

Not ours.



At IGC (where we build Nb₃Sn magnets to 165 kiloGauss) we are applying new techniques and building stable Nb-Ti magnets and magnet systems to fields of 88kG at 4.2K, and 110kG at temperatures slightly above the helium λ point (2.18K).

These new IGC Nb-Ti magnets are compact, operate at low currents (generally 40 to 75 amperes) and offer reliable persistent mode capability.

TABLE OF PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Quench Field at 4.2K	88 kiloGauss
Quench Field at 2.2K	110 kiloGauss
Clear Bore Diameter	30 mm
Outer Diameter	130 mm
Length	125 mm
Operating Current at 110kG	69 Amperes
Field Homogeneity*	5×10^{-4} in a 5 mm DSV*
Time to 110kG	Under one minute
Weight	7 kilograms
Average Current Density in Winding Space at 110kG	25,000 A/cm ²

*Representative only of magnet shown: higher homogeneity available.

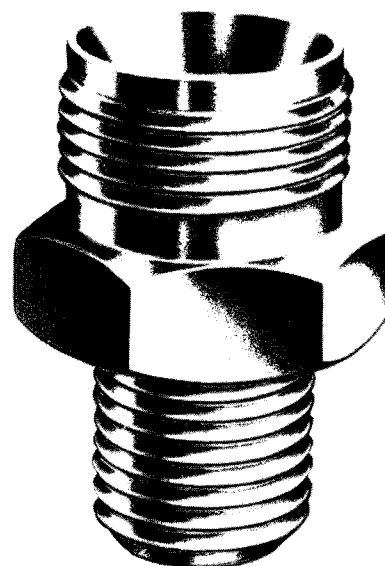
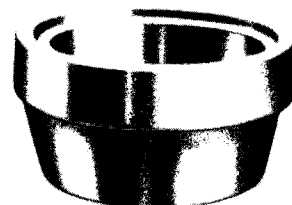
This is one more reason to consider IGC, whatever your requirements — superconducting materials, ultrahigh field magnets, or complete turnkey systems. Rely on the one company with across-the-board capability... Intermagnetics General Corporation. For more information, write or call: Paul Swartz, Vice President of Marketing and Sales, Charles Park, Guilderland, New York 12084. Telephone: (518) 456-5456. TWX No. (710) 441-8238.

INTERMAGNETICS GENERAL
CORPORATION

New Karner Road

Guilderland, New York 12084

HOKE GYROLOK FLARELESS TUBE FITTINGS



1/16" TO 1" O.D. / 3 MM TO 12 MM
HIGH VACUUM — PRESSURE —
TEMPERATURE — CRYOGENICS...

DISTRIBUTOR FOR SWITZERLAND

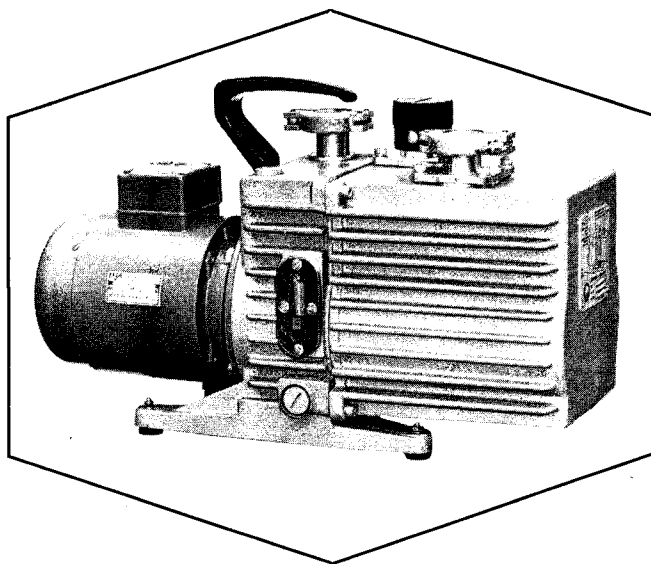
**mat
kemi**

MATKEMI AG
4106 Therwil
Erlenstrasse 27
Telefon 061 / 73 48 22
Telex 62 440

LEYBOLD-HERAEUS



Pompes rotatives à palettes



Pompes -trivac®-S et -trivac-D

Bon vide limite avec ou sans lest d'air
Débit élevé même dans les basses pressions
Fonctionnement silencieux et exempt de vibrations
Raccordement par brides PNEUROP
Grande robustesse, même en service continu
Filtrage d'huile en continu
Vanne de sécurité incorporée
Programme d'accessoires très complet

LEYBOLD-HERAEUS AG

Oerlikonerstrasse 88, Téléphone 01 46 58 43

8057 ZURICH

**FELDMÜHLE
AKTIENGESELLSCHAFT**
D-731 Plochingen (Germany)
Telefon 07153-611
Telex 07266 825



Molded
parts made of
sintered aluminium oxide
96 – 99,9% Al_2O_3

Aluminium Oxide
Ceramics
MoMn-Ni- and
W-Ni –
metalized.

Ceramic/Metal
Combinations
particularly
Vacuum - Chambers
UHV-Feedthroughs

The tapered slabbing and reaming drill is
economical and very useful

DRILLFILE

special drill



for the economical mounting of car aerals and car
radios, car calling units as well as telecommunication
devices **DRILLFILE** is recommended by leading firms
all over the world. In its measurements **DRILLFILE**
accommodates all requirements.

TIPSWITTOOL

1564 DOMDIDIER/Switzerland

- Corps matriqué en laiton ou inox
- étanchéité vis-à-vis de l'extérieur métallique.

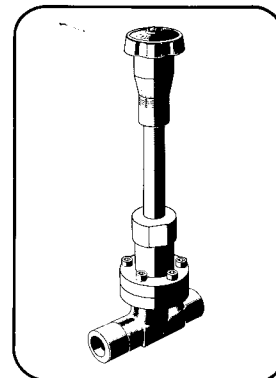
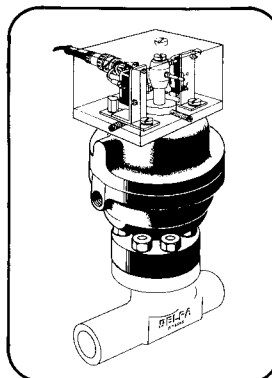
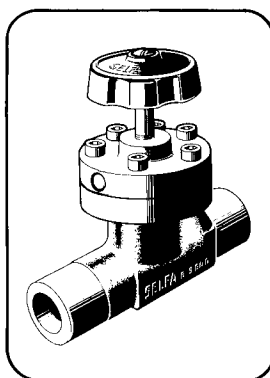
SELFA
PARIS

ROBINETS
A SOUFFLETS
METALLIQUES

Études par nos services de tous problèmes spéciaux et de série.

Catalogue sur demande

ROBINETS INDUSTRIELS ET NUCLEAIRES A SOUFFLETS METALLIQUES



Ø 5 à 200 mm ● Corps droit ou équerre ● Température: — 270° C à + 650° C ● Pression: ultra-vide à 500 bars ● Réglage d'ouverture à levée totale, à passage direct ● Signalisation électrique ● Commande pneumatique et à distance ● Indicateur de position.

SELFA

62, rue de la Villette,
75019 PARIS FRANCE
Tél. 607.35.29 - 205.38.26

01 357 94 37

LASER CHRONOLITE UND HOLOGRAPHIE-LASER

ein im Q-switch-Betrieb arbeitender Rubin-Impuls-Laser, der zwei in kurzen Zeitabständen aufeinanderfolgende Laser-Lichtimpulse abgibt. Der Zeitabstand ist im Bereich von 1 ms bis 10 µs stufenlos variabel und kann auf Wunsch nach oben und nach unten erweitert werden.

Die Halbwertsbreite des Laserimpulses liegt bei 20 ns. Wellenlänge 694 nm. Kohärenzlängen von mehr als 1 m sind erreichbar. Die Impulsenergie von 50 mWs reicht aus, um in Reflexionsholographie eine 13×18 cm Photoplatte zu belichten und Objekte von 10 bis 20 cm Durchmesser auszuleuchten.

Bitte fordern Sie Unterlagen an bei



IMPULSPHYSIK GmbH

2 Hamburg 56 (Rissen) Sülldorfer Landstr. 400
Tel. (040) 81 21 51 / FS 02 189 514 ffid

Entreprise de peinture
Suisse
Moyen-Orient
Espagne – Italie
Afrique du Nord
Ile de la Réunion
Belgique

C.E.R.N. – GENÈVE

Prézioso International S.A.

Siège social :

15, avenue Victor Hugo
75 – PARIS 16^e

Direction administrative :

B.P. N° 2
SAINT-CLAIR DU RHÔNE
38 370 Les Roches de Condrieu

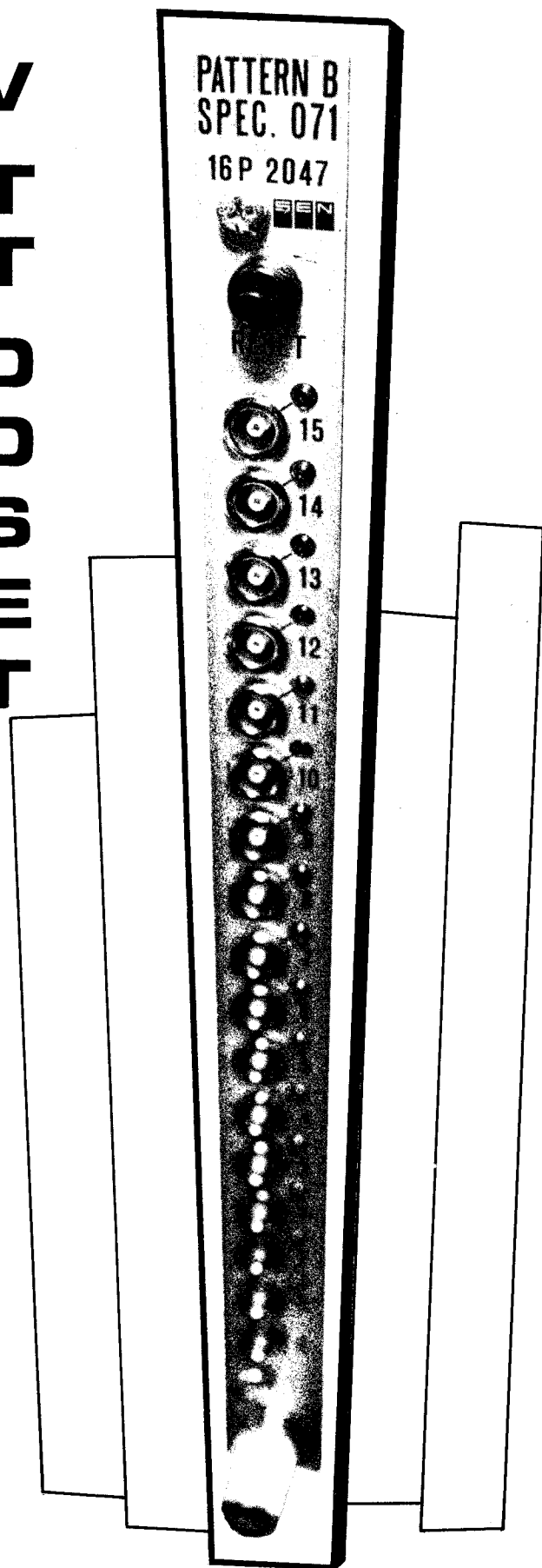
Tél. (74) 85 53 07
85 52 28

Télex : 90 404 F

OUR NEW 16 INPUT PATTERN UNIT STANDS HEAD AND SHOULDERS ABOVE THE REST

FIVE * FEATURES

- * 16 LED'S - one for each input.
- * All inputs controlled by a single gate.
- * Front-panel push-button resets the pattern register.
- * Switchable L-request mode.
- * All inputs DC-coupled and protected against over-voltage.



SEN
ELECTRONIQUE

1211 GENÈVE 13 - SUISSE Case postale 39 - 31, av. Ernest-Pictet - Tél. (022) 44 29 40 - Télex 23359 - Câbles SENELECTRON

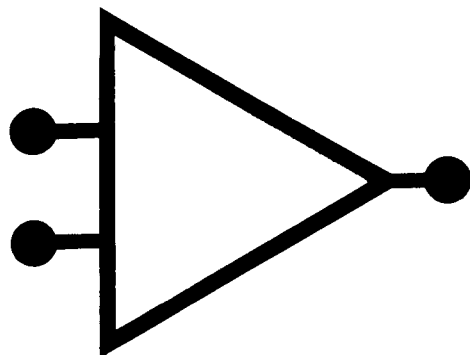
Zurich
SEN ELEKTRONIK AG

Hamburg
SEN ELEKTRONIK GmbH



PRECISION MONOLITHICS INC.

A BOURNS Affiliate



TEST OUR SUPERIOR VERSIONS OF SSS725 SERIES INSTRUMENTATION OP-AMPS

SSS = SUPERIOR SECOND SOURCE

Our advanced processing technology and improved circuit design yield superior versions of popular op-amps like 725 series.

Our devices exceed the industry-standards in a number of characteristics.

We specify our products with stringent MIN/MAX values and we guarantee to meet or exceed these specifications.

SSS 725 op-amp models are available in several grades for full Military (-55°... +125° C) and Commercial (0°... +70° C) temp. ranges.

Examples of the guaranteed Specifications (SSS 725 A)

Offset Voltage	0,1 mV MAX
Offset Current	1,0 nA MAX
Offset Drift	0,6 μ V/° C MAX
	20 pA/° C MAX
CMRR	120 db MIN
Voltage Gain	10 ⁶ MIN

..... and all 725 models are now specified for max. ± 22 V continuous differential input voltage!

CONDENSED PMI PRODUCT GUIDE:

6 - 8 - 10 bit D/A Converter Line

aim Dac-100, mono Dac-01, -02, -04

8 - 10 - 12 bit A/D Converter Line

mono AD-124

Precision Operational Amplifier Line

mono OP-01, -05, -10

Superior Second Source Op-Amp Line

SSS 725, 741, 747

Precision Voltage Comparator Line

mono CMP-01, -02

Special Products

High-voltage display drivers.

Ultra matched dual transistors.



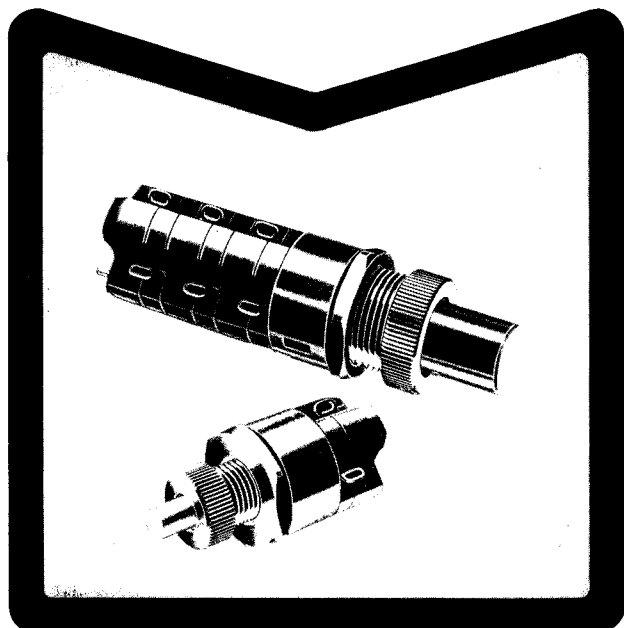
PMI... LEADERS IN LINEARS!

Bourns (Schweiz) AG

Tel. 042 23 22 42

Baarerstrasse 8, 6301 Zug

Telex 78722



Push buttons serie 21
Lighted push buttons serie 11

- goldplated snap-action switch 5A/250 V~
- illuminated with Bi-Pin longlife lamp T1
- momentary or push-push action, 1/2/3 pole
- factory guarantee for 2×10^6 mechanical operations
- round mounting hole $\varnothing 8/12$ mm



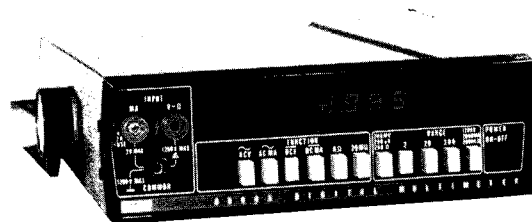
Elektro-Apparatebau Olten AG, Tannwaldstrasse 88
CH-4600 Olten, Telefon 062/21 19 61

103 E

FLUKE INFORMATION



Nouveau multimètre digital Fluke 8000 A



- 26 gammes
- Ω , AC, DC, courant et tension
- 3,5 digit (± 2000 digits)
- résolution: 100 μ V DC+AC; 100 nA DC+AC; 0,1 Ω
- précision en DC: 0,1 % sur 1 année
- options avec accumulateurs ou sortie BCD
- Prix Fr. 1160.—

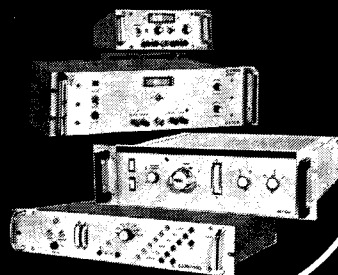
Demandez la documentation complète

Kontron Electronic AG

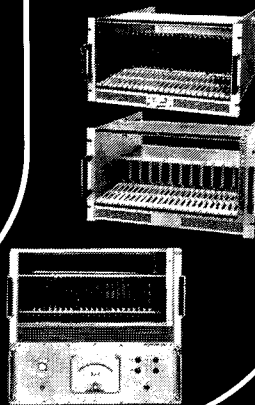
Bernerstrasse 169, 8048 Zürich, Telefon 01 62 82 82, Telex 57439



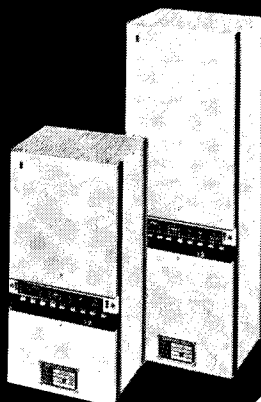
Alimentations de laboratoire



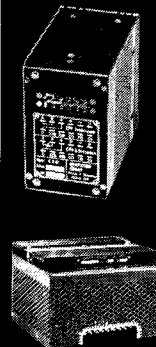
Camac Nim



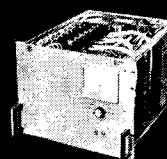
Blocs de puissance



Blocs modulaires



Alimentations spéciales

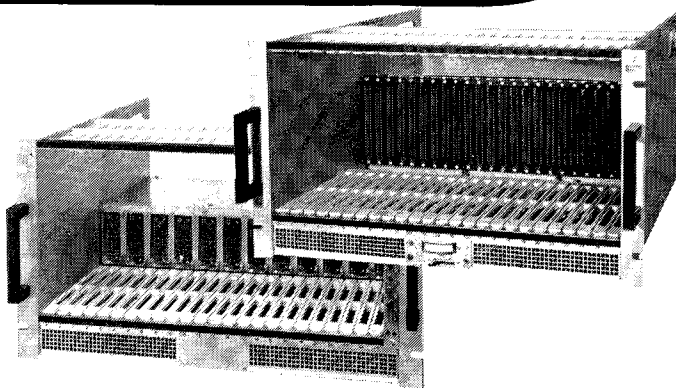


CAMAC

Châssis alimentation CAMAC
Type C7 ALJ13 D W
Sept Tensions
Puissance maximale 200 W

NIM

Châssis alimentation NIM
Type C7 ALN13
Puissance maximale 200 W



SAPHYMO-SRAT

DÉPARTEMENT
ALIMENTATIONS



THOMSON - CSF

51, rue de l'Amiral-Mouchez
75013 Paris
Tél : 588.45.39-588.16.39
Télex : 25731 F. TESAFI

Demandez la documentation A10 A11

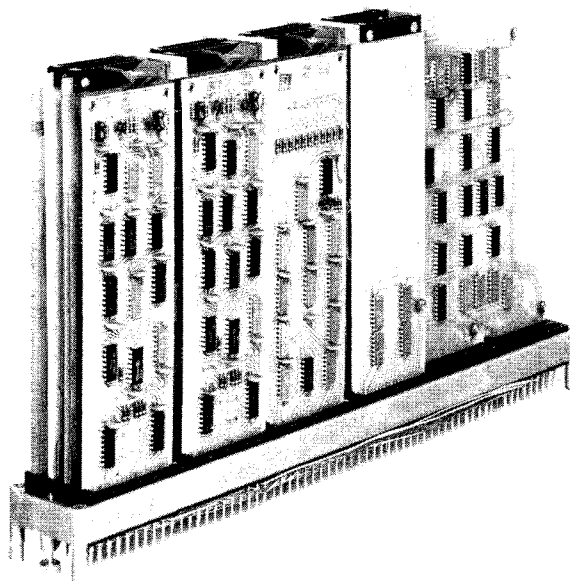
Nouvelle raison sociale:

SAPHYMO-STEL



camac

camac PDP 11 interface ICP 11



- Link between a CAMAC crate and a PDP 11 computer
- It provides **25 interrupt vectors** for the CAMAC branch (24 GL and one external request).
- Two modes of operation
 - **programmed mode**
 - **direct memory access mode :**
 - either **normal DMA mode** (N, and A unchanged during the operation)
 - or **Automatic DMA mode** (N and A automatically incremented)
- Two options :
 - ICP 11** for short distance transmission (≤ 30 m)
 - ICP 11A** for long distance transmission (≥ 250 m).
- Interface **built-in the computer**, realised in a standard DEC system unit type BB 11. Six ICP 11 can be set into a single DEC crate type BA 11.

FOR MORE INFORMATION PLEASE CONTACT :

SAIP/SCHLUMBERGER : BP 47 - 92222 Bagneux (France)
Tel. : (1) 655.22.11 Telex : SAIPEX 25 075 F

SAIP

Schlumberger

RPA in the nuclear industry

Experience counts RPA reactor instrumentation, monitoring control and safety schemes are operational on most UK nuclear stations and on many reactor installations overseas. To keep pace with changing technological requirements RPA has undertaken joint developments of reactor instrumentation and control equipment, as licensee of UKAEA. It is experience that has made RPA a leading supplier, with a range of hardware supported by a comprehensive system engineering and consultancy service.



Hinkley Point Power Station. Reproduced by kind permission of the C.E.G.B. South Western Region.

REYPAK 75 series equipment

For Neutron Flux Measurement

Neutron Flux Scanning

Gamma and Area Monitoring

Iodine and Effluent Sampling

Chemical Analysis

Temperature Monitoring

Mechanical Assemblies

Gas Circuit Instrumentation

*For Complete System Engineering:
development, design, manufacture,
installation, commissioning*

Telex: 537040 'Automate' GHEAD

Kingsway, Team Valley Trading Estate, Gateshead

Co. Durham, England. NE11 0QJ Telephone 0632 870811.

Agents in Switzerland: Airtechnik AG, 8153 Rümlang ZH,

Säntisstrasse 6, ZÜRICH, Tel. Zurich 01/817 74 71, Telex 55 204BH

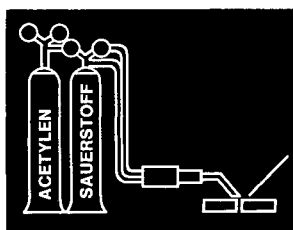
**Reyrolle
Parsons
Automation
Limited**



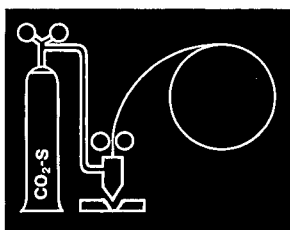
Reyrolle Parsons Group

5

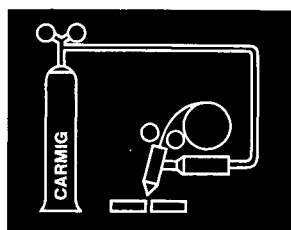
Procédés de soudage avec les gaz Carba



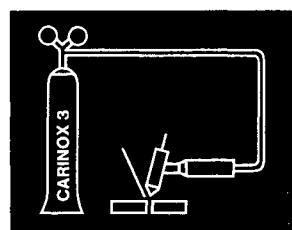
Techniques autogènes
avec l'acétylène-
dissous et l'oxygène
soudage: tôles minces,
tubes, métaux non
ferreux
brasage, oxycoupage,
chauffage, redresse-
ment, trempe, projection
et décapage à la flamme.



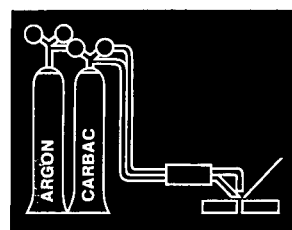
Soudage MAG
avec CO₂ "S", l'acide
carbonique de Carba
avec pureté garantie
pour: les aciers de
construction, les aciers
chaudière, les tubes,
les aciers à grain fin.



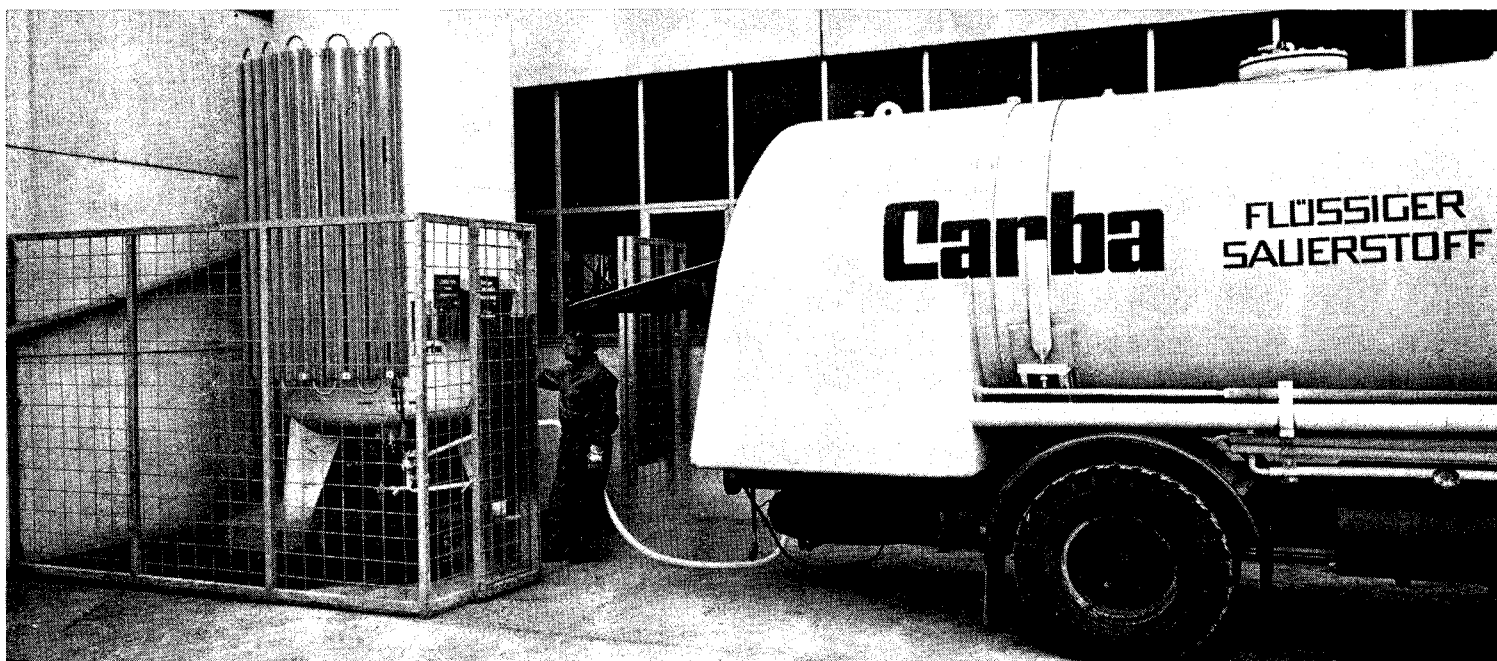
Soudage MIG
avec les mélanges
Carba (Carmig, Carmox,
Carinox 4, Carbac 30)
l'argon et l'hélium
pour: les aciers faible-
ment et fortement
alliés, l'aluminium,
le cuivre et leurs
alliages.



Soudage TIG
avec l'argon, l'hélium,
Carinox 3 et Carbac
pour: l'aluminium et ses
alliages, les aciers
inoxydables de toutes
compositions, les mé-
taux cuivreux et à base
de nickel, le titane et
d'autres métaux
spéciaux.



Techniques Plasma
Soudage, coupage,
rechargement par
projection
avec Carbac, l'argon
et d'autres mélanges
pour tous les métaux



Carba

Berne Bâle Zurich Lausanne