

DELPHI

Allez le LEP!

Au CERN, 1984 est une année LEP. La construction du collisionneur électron-positon LEP, de 27 km de circonférence, est bien engagée à la suite de la cérémonie officielle de l'ouverture du chantier célébrée l'année dernière en présence de François Mitterrand, président de la République française, et Pierre Aubert, président de la Confédération suisse pour 1983.

Le fonçage des puits d'accès verticaux, dont la profondeur peut atteindre 140 mètres, est maintenant bien avancé et le forage du tunnel lui-même débutera dans le courant de l'année. Tout se poursuit conformément au calendrier prévu pour que la machine fournisse ses premiers faisceaux de 50 GeV en 1988.

Parallèlement aux travaux de génie civil en cours aux environs du CERN, une vaste opération s'organise, dans l'Europe entière et même au-delà, pour préparer les quatre grandes expériences (DELPHI, OPAL, ALEPH et L3 — voir numéro d'octobre 1982, p. 322) et leur permettre en temps voulu d'intercepter les produits des premières collisions électron-positon du LEP.

Cette année dans le COURRIER CERN, une série d'articles sera consacrée aux préparatifs de ces expériences et à l'avancement des travaux de construction du LEP, en débutant dès ce mois-ci par l'expérience DELPHI.

Maquette du détecteur DELPHI. Ce détecteur représente un travail de plus de 500 années-homme.

(Photo CERN 252.10.82)

Comme pour toutes les expériences prévues au collisionneur géant électron-positon LEP actuellement en construction au CERN, l'équipement de l'expérience DELPHI (acronyme en anglais de Détecteur pour l'identification des leptons, photons et hadrons) est énorme. Cette expérience met en jeu une collaboration de quelque 300 physiciens venant de plus de trente instituts de recherche de dix-sept pays.

Le budget de DELPHI est de l'ordre de 70 millions de francs suisses et la construction de ses installations représentera un travail de plus de 500 années-homme. Elle comportera bien plus de 100 000 voies électroniques réparties entre plus d'une douzaine d'éléments principaux du détecteur.

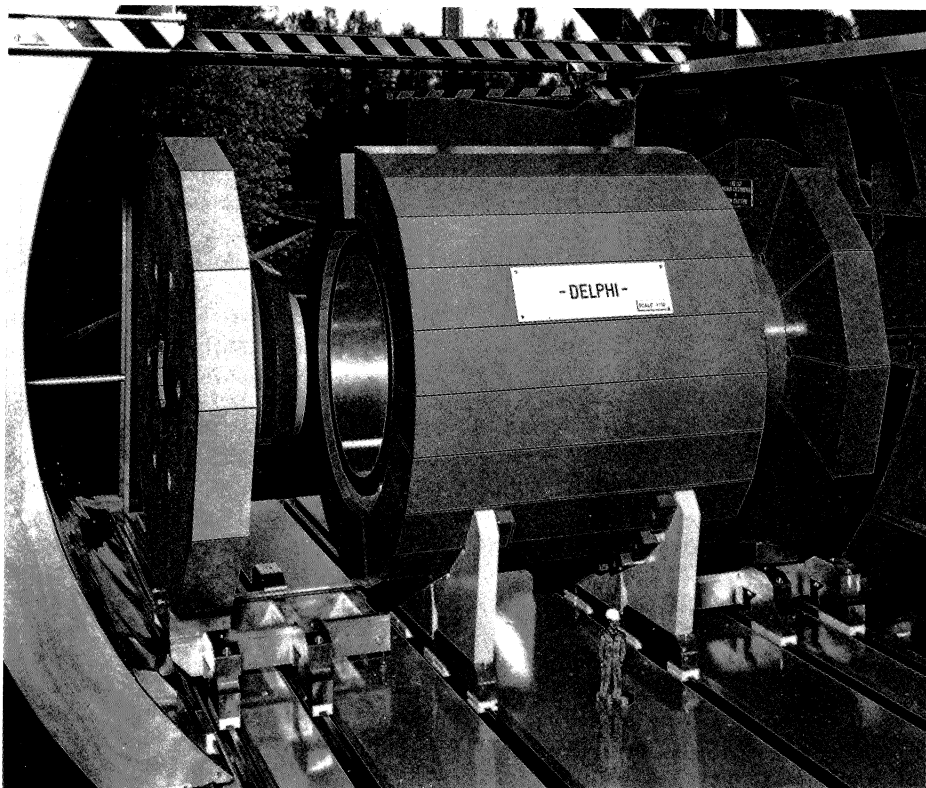
Cet article se limite à une présentation générale du projet et ne peut rendre justice aux nombreuses années-homme de travail soigné qu'il faut consacrer au développement, à l'assemblage, aux essais et à l'installation des éléments individuels, dont

chacun occupe une équipe importante.

Pour mémoire, la collaboration DELPHI comprend Ames (Iowa State), Amsterdam (NIKHEF), Athènes (Université et Université technique), plusieurs Universités belges, Bergen, Bologne, CERN, Copenhague (Institut Niels Bohr), Cracovie, Dubna, Gênes, Helsinki, Karlsruhe, Liverpool, Lund, Milan, Orsay, Oslo, Oxford, Padoue, Paris (Collège de France et Université Pierre et Marie Curie), Rome, Rutherford, Saclay, Santander, Serpoukhov, Stockholm, Strasbourg, Trieste, Turin, Uppsala, Valence, Vienne, Varsovie et Wuppertal!

Le détecteur, qui couvre 10 m de l'anneau du LEP, a de vastes objectifs expérimentaux et sa conception prévoit la mesure tridimensionnelle des traces, la détermination des dépôts d'énergie sur une grille serrée et l'identification des particules dans la totalité de l'angle solide entourant le point d'intersection des faisceaux.

Une bobine supraconductrice four-



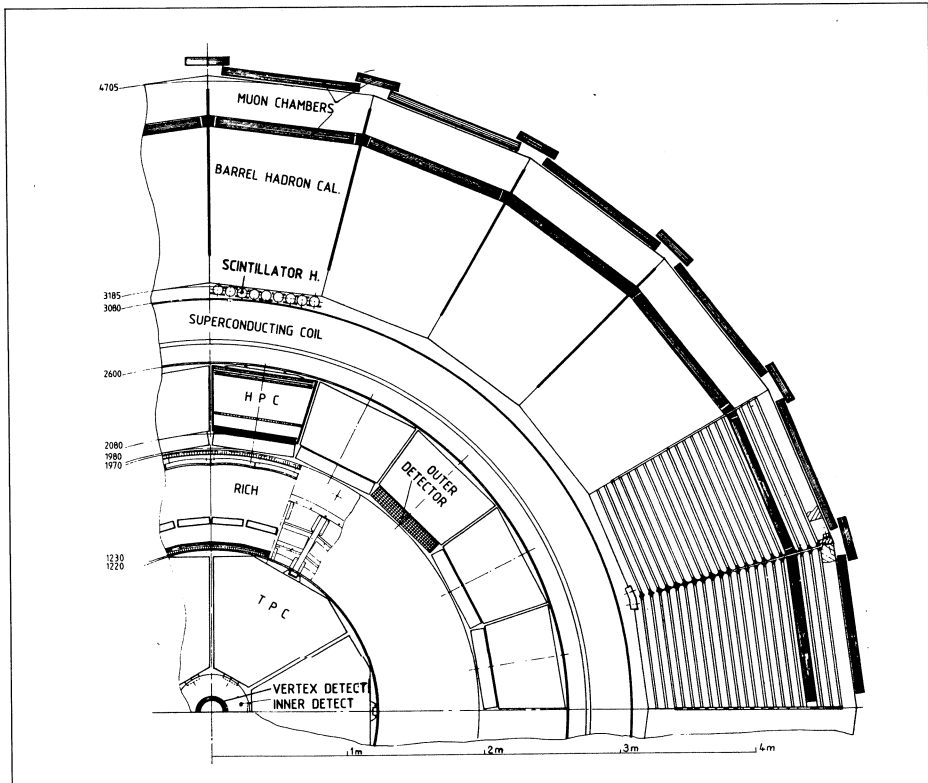
nira une induction magnétique hautement uniforme de 1,2 T. Par contrat, le Laboratoire Rutherford-Appleton (Grande-Bretagne) est chargé de la construction de ce puissant solénoïde, l'un des plus grands du monde, long de 7,4 m et de 6,2 m d'ouverture.

L'enroulement sera bobiné à partir d'un supraconducteur niobium-titane/cuivre noyé dans une matrice d'aluminium de section 24 mm sur 4,5 mm refroidi par circulation forcée d'hélium liquide à 4,5 K. L'aluminium stabilise le supraconducteur et protège l'ensemble en cas de libération dans une transition des 100 MJ d'énergie stockée. L'utilisation d'un réfrigérateur de 500 W devrait permettre le refroidissement de la température ambiante à 4,5 K en neuf jours.

Autour de l'enceinte à vide se trouvera un détecteur de vertex à micro-rubans de diodes (CERN / Milan / Saclay / Rutherford), suivi d'un détecteur «intérieur» long de 150 cm (Cracovie / Amsterdam) comprenant plusieurs milliers de fils positionnés à 20 μm près — qui offrira une bonne détermination spatiale et participera, avec le détecteur «extérieur», à la décision logique de déclenchement.

Entourant ce détecteur de vertex intérieur, on trouvera la partie centrale du détecteur de suivi principal, un trajectoscope (TPC-CERN / Paris / Lund / Orsay / Saclay) semblable à celui qu'utilise à Stanford une équipe de Berkeley, mais rempli d'argon-métane à la pression atmosphérique. Quelque 25 000 connexions doivent être faites entre cette structure longue de 3,4 m et l'extérieur du détecteur.

La mesure des pertes par ionisation dans ce détecteur central contribuera à l'identification des particules, tandis que la séparation des hadrons chargés entre eux se fera essentiellement grâce au compteur Tchénrenkov à focalisation annulaire (Amsterdam / Athènes / CERN / Orsay / Paris / Strasbourg / Uppsala / Wuppertal), ou compteur RICH, en forme de tonneau, entourant le TPC



Vue transversale d'un quadrant du «tonneau» du détecteur DELPHI destiné au LEP. Des «bouchons» complètent le détecteur.

et contenant des radiateurs à fréons liquide et gazeux.

À la périphérie du «tonneau» RICH, on trouvera le détecteur de suivi externe (Paris / Liverpool) (un fût de 4 m de diamètre contenant 2500 tubes à dérive longs de 5 m) qui fixera la position des traces des particules à une fraction de millimètre près.

À l'intérieur de la bobine, on trouvera également un calorimètre électromagnétique sous la forme d'un tout nouveau trajectoscope à gerbes (TPC à absorbeurs) long de 5 m (Ames / Bologne / CERN / Gênes / Karlsruhe / Milan / Rome / Stockholm / Varsovie) où les électrons des gerbes dériveront sur de longues distances dans des guides étroits. La finesse de grain promet d'offrir une meilleure reconnaissance des formes que celle offerte par des calorimètres électromagnétiques de types plus classiques. Les modules prototypes ont été assemblés et testés au Laboratoire Rutherford et au CERN.

L'ensemble du tronc de DELPHI, entre le solénoïde et la culasse de

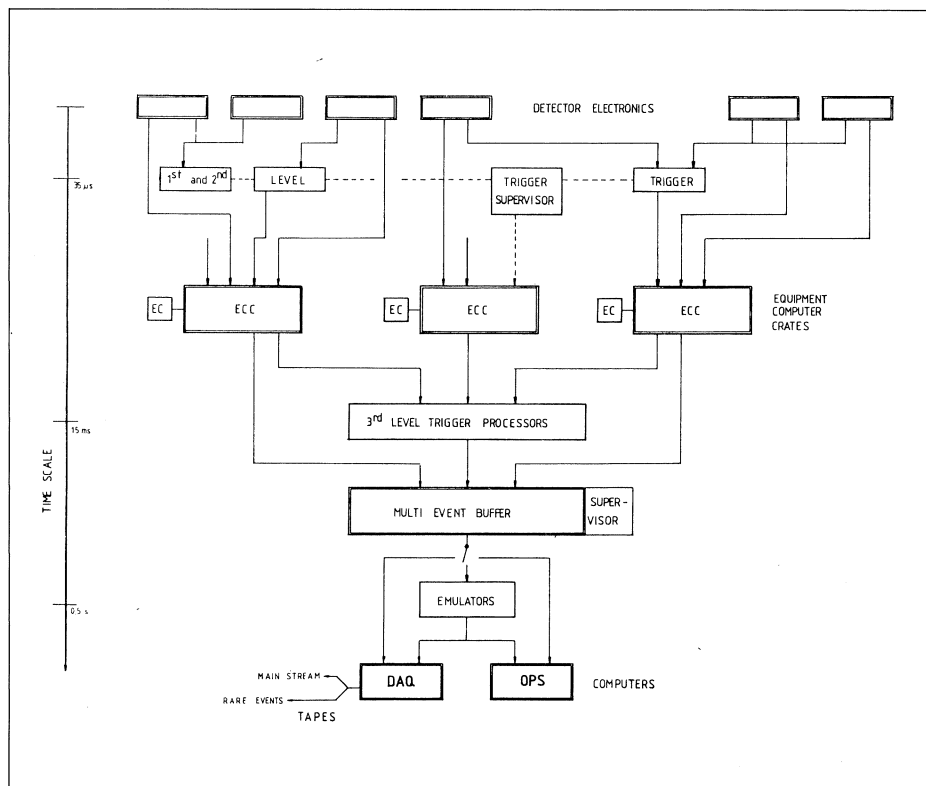
l'aimant, sera couvert de compteurs à scintillations pour la mesure des temps de vol (Santander / Valence).

Les deux extrémités du détecteur seront équipées de chambres à dérive avant (Vienne / Wuppertal) pour améliorer la résolution à petit angle, assurer le suivi des particules et inclure les petits angles dans la décision de déclenchement.

Les régions des bouchons seront également couvertes par des compteurs RICH gaz/liquide incorporés (Amsterdam / Copenhague / Cracovie / Uppsala / Wuppertal), tandis que les calorimètres électromagnétiques des bouchons (Padoue / Santander / Trieste / Turin / Valence) utiliseront des compteurs en verre au plomb.

À l'extérieur du solénoïde, on trouvera le grand calorimètre hadronique (Dobna / Helsinki / Serpoukhov / Rome) comprenant une partie «tonneau» (100 cm de fer) et deux parties «bouchon». Les plaques de fer de la culasse de l'aimant alterneront avec

Diagramme du système d'acquisition et de sélection des données de DELPHI. Les systèmes de ce type jouent un rôle crucial dans toutes les expériences au LEP et ont fait l'objet d'une étude spéciale.



des rangées de tubes plastique à silages lumineux. Les éléments du «tonneau» calorimétrique seront groupés successivement en «tours», «supertours» et «hypertours».

L'extérieur du détecteur sera enveloppé de chambres à muons (Oxford / Belgique), au total deux mille chambres à dérive réparties sur plusieurs couches.

Aux angles extrêmement petits, près des quadripôles à faible bêta qui compriment les faisceaux en collision, se trouvera le système d'étiqetage à petit angle (Bergen / Oslo) qui servira également de moniteur de luminosité en ligne.

me d'acquisition des données, ainsi que pour garantir un accès rapide aux résultats intéressants. Aussi l'acquisition et l'analyse des données jouent-elles un rôle crucial dans toutes les expériences LEP et ont-elles fait l'objet d'études spéciales.

La fréquence brute de croisement des faisceaux d'électrons et de positons dans toutes les expériences LEP sera d'environ 50 kHz. Dans le cas de DELPHI, une décision initiale rapide de déclenchement sélectionnera parmi les événements-candidats enregistrés en coïncidence avec le signal de croisement des faisceaux ceux qu'il est souhaitable de garder. Les signaux des détecteurs internes et externes et des chambres avant seront disponibles en quelques microsecondes — une fraction seulement du temps nécessaire à la migration des particules dans le trajectoscope (TPC) central.

Le déclenchement de second niveau, utilisant l'information supplémentaire parvenant ensuite du TPC et du calorimètre électromagnétique,

sera disponible en quelque 35 μ s, réduisant au minimum la «perte» d'événements qui se produit quand les voies d'accès de l'expérience sont bloquées. Ce second niveau utilisera des processeurs rapides (micro-ordinateurs) «greffés» sur l'électronique.

La méthode devrait convenir à une fréquence d'événements de 20 Hz (temps moyen entre déclenchements de 50 ms). Pour limiter à 1 % la fraction de temps mort, les données numérisées seront transférées localement dans des mémoires-tampons sur sélection de déclenchement de second niveau, débloquant ainsi toutes les voies d'entrée en moins de 500 μ s.

Pour réduire encore plus le temps mort, ces mémoires-tampons distribuées (locales) pourront stocker jusqu'à cinq événements à la fois. La lecture complète d'un événement prendra environ 20 ms.

Des châssis informatiques situés dans les baies de l'électronique commanderont l'écriture dans une mémoire-tampon principale (d'une capacité de plusieurs événements) sous une forme appropriée pour un troisième niveau de sélection (5 Hz). Les données seront transférées à des ordinateurs en ligne et/ou des bandes magnétiques (ou autre moyen de stockage) à une fréquence de quelques événements par seconde.

Outre le système local de traitement de données, les physiciens pourront utiliser des réseaux informatiques du CERN et internationaux.

La collaboration DELPHI est née d'une communauté des domaines d'intérêt en recherche et d'un désir de construire un détecteur à hautes performances. Idéalement adaptée à l'étude des particules Z^0 (les porteurs du courant neutre faible que le LEP produira en quantité), l'expérience DELPHI a également pour finalité la recherche minutieuse de signes de phénomènes nouveaux et imprévus.

Traitement des données

Etant donné le taux de collisions élevé du LEP, un traitement efficace et souple des données est nécessaire pour éviter la perte d'informations précieuses par saturation du système