

Projet Oméga

Un nouvel instrument de physique de taille géante construit dans le cadre du programme d'amélioration du synchrotron à protons de 28 GeV du CERN.

Le programme d'amélioration du synchrotron à protons a été approuvé à la fin de 1965 par le Conseil du CERN. Ce qui signifie que de 1966 à 1972 une série de perfectionnements ont été et seront apportés à l'équipement du PS et à ses équipements périphériques, afin de garantir que les physiciens européens continuent à disposer d'installations de première qualité pour les recherches sub-nucléaires, pendant une nouvelle décennie.

Ces améliorations ne touchent pas seulement les caractéristiques du synchrotron même (augmentation du taux de répétition et de l'intensité par impulsion); elles comprennent également la fourniture de nouveaux équipements destinés aux expériences; les techniques de détection des particules ont en effet subi une évolution très rapide au cours des dernières années.

Pour ce qui est de la physique des chambres à bulles, deux nouvelles chambres (une à liquide lourd et une à hydrogène) beaucoup plus grandes que celles actuellement en service sont en construction (voir COURRIER CERN vol. 7, page 143 et vol. 8, page 95). En ce qui concerne les expériences électroniques (utilisant des compteurs et des chambres à étincelles) le besoin en grands spectromètres magnétiques est devenu manifeste. Contrairement à la physique des chambres à bulles où un seul grand appareil sert pour tout un éventail d'expériences, la physique des compteurs a jusqu'à maintenant nécessité un ensemble de détecteurs pratiquement différent pour chaque expérience. Mais l'accroissement des dimensions et du coût a conduit à étudier un appareil utilisable pour une vaste gamme d'expériences. Le choix était difficile car il existait plusieurs solutions possibles. L'évolution des chambres à étincelles notamment a été extrêmement rapide. Ce n'est qu'au cours des dernières années, par exemple, que les chambres à fils, les chambres à grand entrepaille et les chambres à streamers sont devenues courantes. Chacune d'elles aurait pu constituer la base du nouveau système.

Cependant, même en 1965 il paraissait probable que le choix se porterait sur un ensemble de chambres à étincelles disposé dans un champ magnétique. Une des raisons de ce choix résidait dans le succès d'une expérience réalisée au CERN avec un aimant construit grâce à la collaboration du CERN, de l'EPF de Zurich et de l'Imperial College de Londres et qui devait à l'origine être utilisé avec une chambre de Wilson. Il s'agit d'un aimant à large ouverture, transformé pour

recevoir dans son champ magnétique des chambres à étincelles optiques. Il a parfaitement fonctionné au cours de plusieurs expériences, y compris celle, fameuse, sur la désintégration du méson η qui a ressuscité la symétrie de charge dans l'interaction électromagnétique (voir COURRIER CERN vol. 6, page 171).

Au cours des dernières années, on a largement utilisé les aimants de spectromètres associés à des chambres à étincelles, mais en raison des faibles ouvertures des aimants ces expériences ont été limitées à la détection et à la mesure d'un petit nombre de particules produites dans une interaction. Il est nécessaire de disposer de grandes ouvertures pour améliorer leurs possibilités de détecter et de mesurer de nombreuses particules secondaires.

La décision a donc été prise de construire un appareil plus important et plus élaboré. Ce projet est connu sous le nom de projet Oméga. En avril 1967 un groupe de travail chargé du projet Oméga a été constitué et en mai 1968 il a présenté une « proposition relative à un grand ensemble aimant et chambre à étincelles ». (Rapport interne 68-11 de la division NP.) Cette proposition a reçu l'appui du Comité

Vue isométrique du grand aimant du projet Oméga. Le diamètre intérieur des enroulements circulaires est de 3 m et l'entrefer entre les pôles de l'aimant est de 2 m. Cette grande ouverture offre une vaste gamme de possibilités pour l'installation des ensembles de chambres à étincelles.

des directives scientifiques lors de sa réunion du 14 mai.

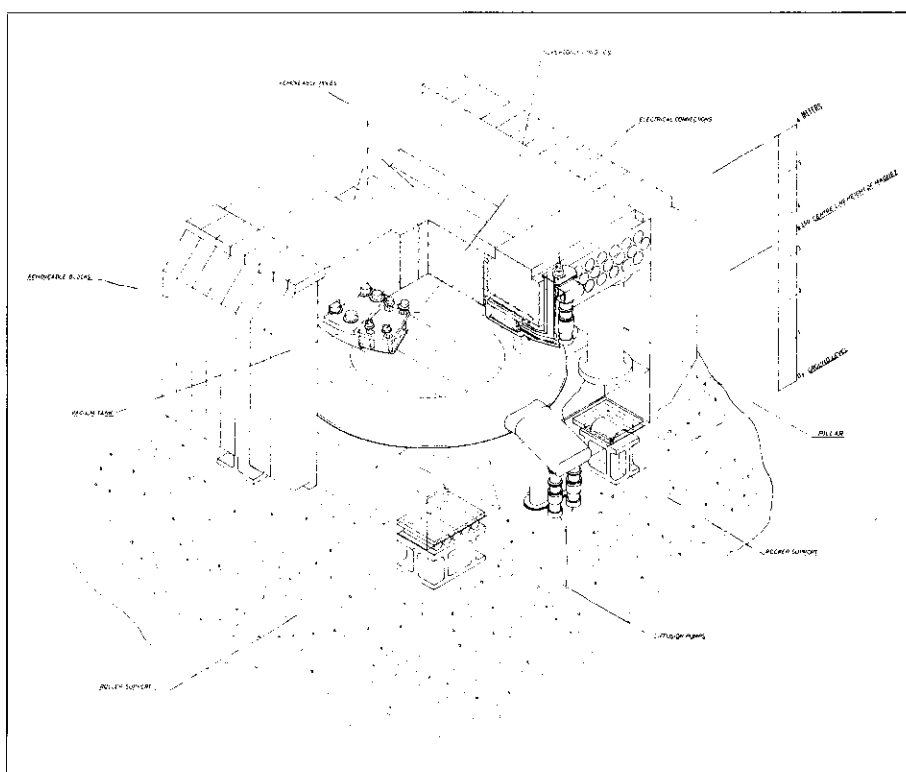
Depuis lors, certains éléments ont été soumis à des essais afin de mener l'étude technique à bonne fin. Les développements ci-dessous présentent une description de l'ensemble et un bref aperçu des travaux effectués jusqu'ici.

Conception

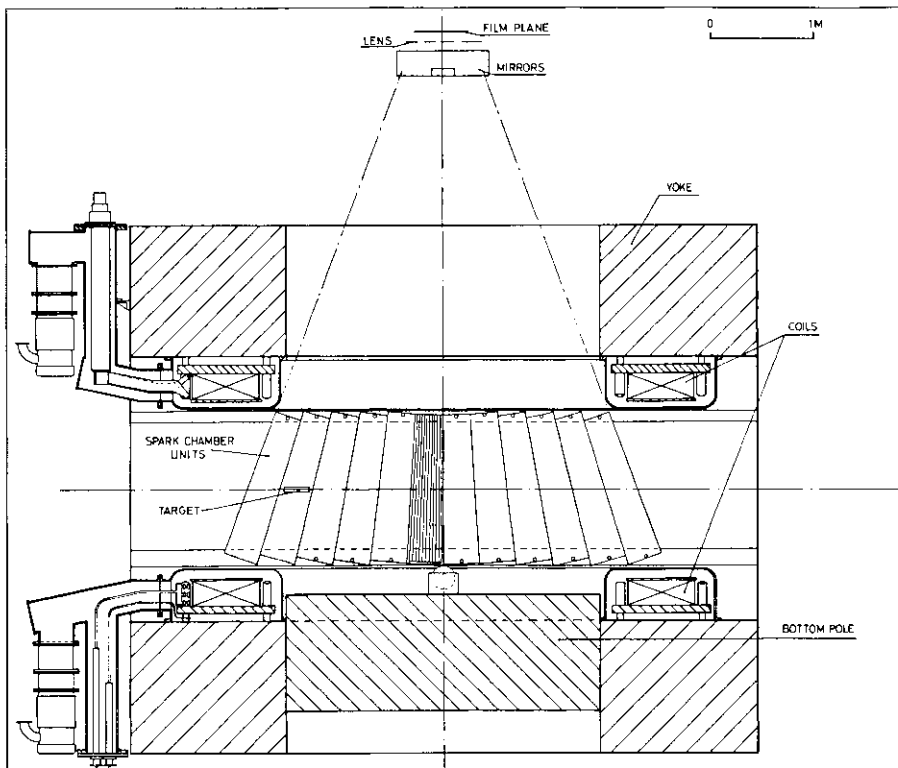
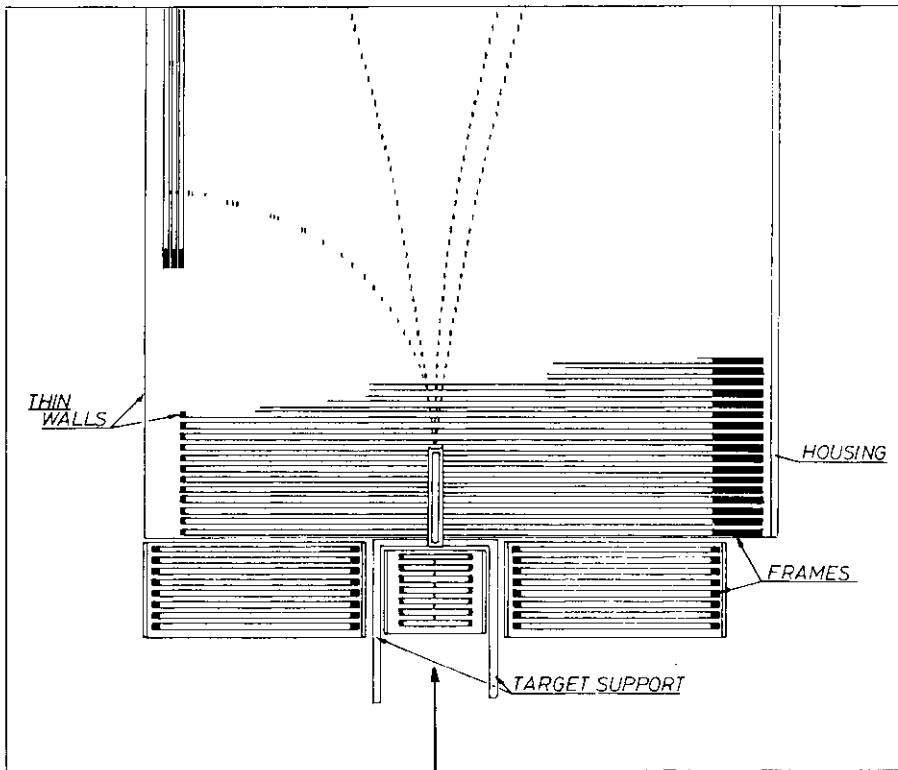
Oméga se scinde en trois parties principales : l'aimant, les chambres à étincelles, l'installation de traitement des données. Dans la conception de ces trois éléments, la plus grande attention a été portée à la souplesse, afin de garantir que le système pourra facilement s'adapter à la grande variété d'expériences auxquelles il devra servir pendant plus de dix ans.

L'aimant

Pour donner à l'ensemble un maximum de souplesse, la paroi verticale de la culasse se compose d'éléments de 50 cm de large qui peuvent être assemblés de diverses manières. Les enroulements, la partie horizontale de la culasse et quatre entretoises verticales sont fixes. Ainsi les



Deux configurations possibles de chambres à étincelles à plaques parallèles placées dans le champ de l'aimant. Le premier schéma montre (vu d'en haut) la cible et le montage des chambres à étincelles optiques. Les plans des chambres à étincelles sont perpendiculaires à la direction du faisceau. Le second schéma est une vue latérale d'un autre arrangement comprenant douze bâtis à 10 entreplaques chacun pouvant être vu par la caméra sans utiliser de prismes. Les chambres sont aussi à plaques parallèles mais les axes des bâtis convergent vers l'optique.



chambres à étincelles, les cibles et les compteurs peuvent être montés de plusieurs manières différentes dans le champ magnétique.

Les chambres à étincelles optiques pourront, une fois placées dans le champ de l'aimant, être photographiées depuis le haut par une fenêtre rectangulaire (3 m x 1,5 m) percée dans la partie horizontale de la culasse et donnant accès aux caméras. Cette fenêtre peut du reste être comblée avec des éléments de pôles amovibles pour les expériences où elle n'est pas nécessaire. Des ouvertures peuvent également être pratiquées sur les côtés en utilisant les différentes possibilités de montage de la partie verticale de la culasse, de façon que les particules puissent être détectées en dehors du champ magnétique.

Les principaux paramètres de l'aimant sont les suivants :

champ maximum au centre (pôle supérieur enlevé)	18 kG
diamètre intérieur des enroulements circulaires	3 m
espace libre entre les enroulements	1,5 m
espace libre entre les pôles	2 m
poids de l'aimant	1300 tonnes

Il n'a pas encore été décidé si on utiliserait des enroulements classiques ou supraconducteurs (les principaux paramètres seront identiques dans les deux cas). Les deux solutions ont été étudiées et les essais concernant la possibilité d'utiliser des enroulements supraconducteurs à refroidissement forcé sont analysés plus loin.

Pour chaque montage de l'aimant, le champ magnétique aura des caractéristiques différentes. Il sera donc nécessaire de mesurer le champ dans l'ouverture après chaque montage. L'appareillage destiné à l'établissement des cartes de champ (qui devrait atteindre une précision supérieure à 5×10^{-4}) fait actuellement l'objet d'une mise au point ; il permettra des mesures rapides et complètes. A raison d'une mesure par 1000 cm^3 , 10^5 lectures seront nécessaires pour couvrir le volume total du champ. La répétition de cette opération pour trois valeurs du courant de l'aimant au rythme de 5 lectures par seconde, plus le temps nécessaire au montage, porteront à 24 heures la durée de chaque relevé des cartes de champ.

Etant donné les dimensions et le poids de l'aimant et l'importance des installations annexes (énergie, refroidissement, etc...), Oméga sera une installation fixe (dans le

nouveau hall Ouest). Pour la première fois dans l'histoire des expériences électroniques les faisceaux de particules seront amenés à Oméga, comme ils le sont à une chambre à bulles, alors que d'ordinaire les expériences sont tributaires de la trajectoire des faisceaux.

Les chambres à étincelles

L'utilisation d'ensembles importants de chambres optiques à étincelles dans un champ magnétique est maintenant une technique bien au point ; il est probable que pour les premières expériences avec Oméga on emploiera un tel ensemble. Les chambres à étincelles optiques conserveront probablement la préférence pour les événements assez complexes associés à la production de nombreuses particules secondaires, et pour les faibles taux d'événements.

Il existe différents types de chambres optiques — les chambres « d'échantillonnage » à étincelles à plusieurs intervalles d'environ 1 cm, les chambres à grand entrepaille — 10 cm ou plus — dans lesquelles l'étincelle suit la trajectoire des particules et les chambres à streamers. Les chambres peuvent avoir également différentes configurations (plans, cylindres, etc...) les plans pouvant eux-mêmes être opaques (feuilles de métal) ou transparents (fils). Oméga est conçu pour s'adapter au plus grand nombre possible de ces variations.

Les schémas représentent deux dispositions de chambres à étincelles à feuilles métalliques parallèles. Les étincelles seront photographiées avec un film de 70 mm sur lequel deux clichés stéréo seront disposés côte à côte*. Le rythme d'enregistrement des événements sera probablement limité par la vitesse de prise de vues de la caméra et par l'angle stéréo. Les travaux associés à ce problème sont évoqués ci-dessous.

Pour les événements simples et les taux d'interactions élevés, les chambres à étincelles à fils qui détectent automatiquement la position des étincelles sans qu'il soit besoin de les photographier et de mesurer les clichés, conviennent particulièrement bien. Elles présentent en outre l'avantage de permettre le contrôle en ligne de l'expérience et de pouvoir bénéficier d'un champ magnétique plus élevé de 10 % puisque la fenêtre à la partie supérieure de l'aimant est inutile. Cependant, jusqu'ici, les ensembles de

chambres à fils ne permettent pas de déterminer la position de l'étincelle avec une précision aussi grande que celle obtenue avec les chambres optiques (0,3 mm contre 0,2 mm) et de plus on n'a pas encore défini clairement une méthode pour recueillir les signaux fournis par les fils dans un champ magnétique élevé.

Les techniques de détection classiques (noyaux de ferrite ou magnétostriction) s'appliquent de manière moins satisfaisante dans un champ magnétique élevé. D'autres techniques telles que la détection au moyen de cristaux piézoélectriques de l'onde de choc produite lorsque l'étincelle rencontre le fil ou le « stockage capacitif » (la charge de l'étincelle qui peut être lue est stockée dans des condensateurs reliés aux fils générateurs d'étincelles) peuvent être élaborées pour donner une précision et une fiabilité suffisante.

L'avantage des expériences électroniques sur les expériences en chambres à bulles consiste en ceci que les détecteurs peuvent être déclenchés de façon à n'enregistrer que les événements nécessaires. Dans Oméga, on peut employer les détecteurs pour déclencher les chambres à étincelles en utilisant de longs guides de lumière (de 1 à 2 m de long) pour conduire l'impulsion lumineuse produite dans le scintillateur par le passage d'une particule chargée, vers les photomultiplicateurs qui doivent fonctionner en dehors du champ magnétique. La mise au point du compteur proportionnel à fils multiples inventé par G. Charpak (voir COURRIER CERN vol. 8, page 220) pourrait se révéler précieuse, car il peut indiquer le nombre exact de particules chargées produites dans une interaction, et donner leur position avec une bonne précision.

Traitement des données

Si Oméga reçoit par an les particules fournies par 4×10^6 impulsions du synchrotron à protons, la production maximale annuelle de données à traiter estimée est à : 12×10^6 clichés pris dans les chambres à étincelles optiques (dont environ 4×10^6 pourront nécessiter une mesure) ou 50×10^6 événements enregistrés sur bande dans les chambres à étincelles à fils (dont environ 20×10^6 pourront nécessiter une analyse).

La fourniture du matériel nécessaire au traitement des données fait partie intégrante du projet. 80 % des travaux d'analyse seront si possible effectués dans les universités et les centres de recherche européens où les installations de traitement des données augmentent consi-

dérablement à l'heure actuelle. Il est prévu qu'au début des années soixante-dix les installations auront une capacité suffisante pour traiter les données fournies par Oméga. Au CERN même, une installation capable de traiter les films et les données fournies par les chambres à fils sera mise en place.

Elle comprendra un ordinateur relié en ligne à Oméga et un digitaliseur à spot volant (le HPD qui effectuera une mesure automatique des événements enregistrés sur film). L'analyse finale des événements sera faite comme d'habitude avec les grands ordinateurs du CERN. Dans l'ensemble, le traitement des données fournies par Oméga pourra prendre plus de 2500 heures de CDC 6600, ce qui représente une part considérable de la capacité de calcul actuelle ; cependant, la capacité installée au CERN sera probablement notablement plus élevée dans les années soixante-dix.

La capacité de l'ordinateur d'Oméga est conditionnée par la nécessité de faire face au rythme élevé d'acquisition de données fournies par les chambres à fils. Une mémoire de 64 K mots de 32 bits (bits) est prévue ; elle pourra être augmentée ultérieurement.

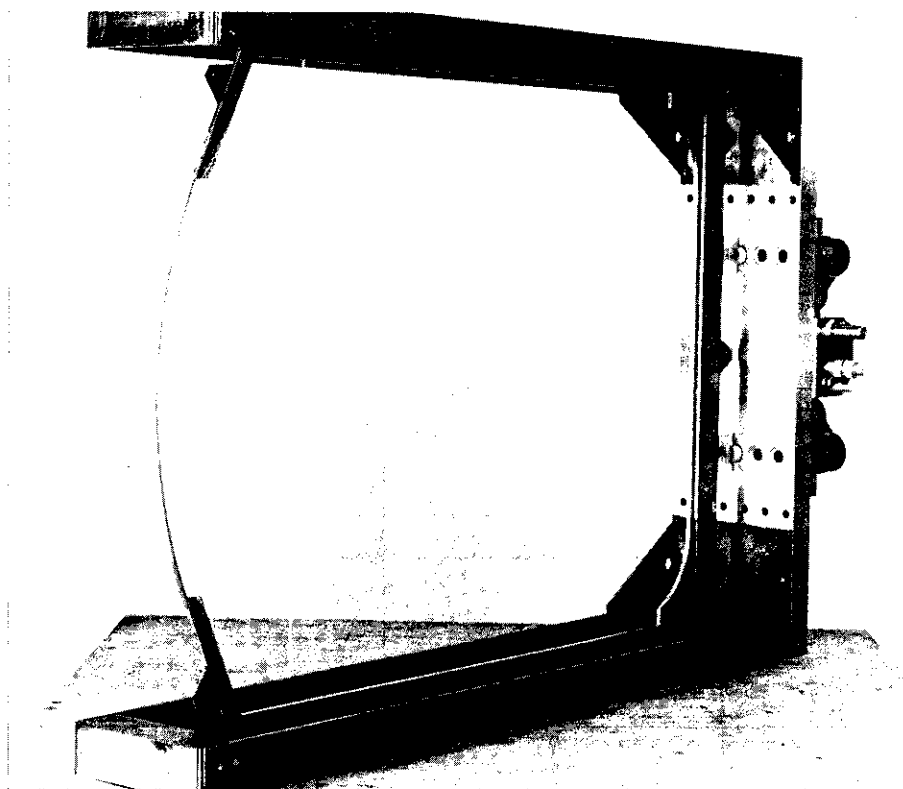
Etudes actuelles

Un groupe spécial a été constitué au sein de la division Physique Nucléaire pour travailler avec des ingénieurs de cette division à plusieurs aspects du projet. Un petit nombre de sujets d'étude sont examinés ici.

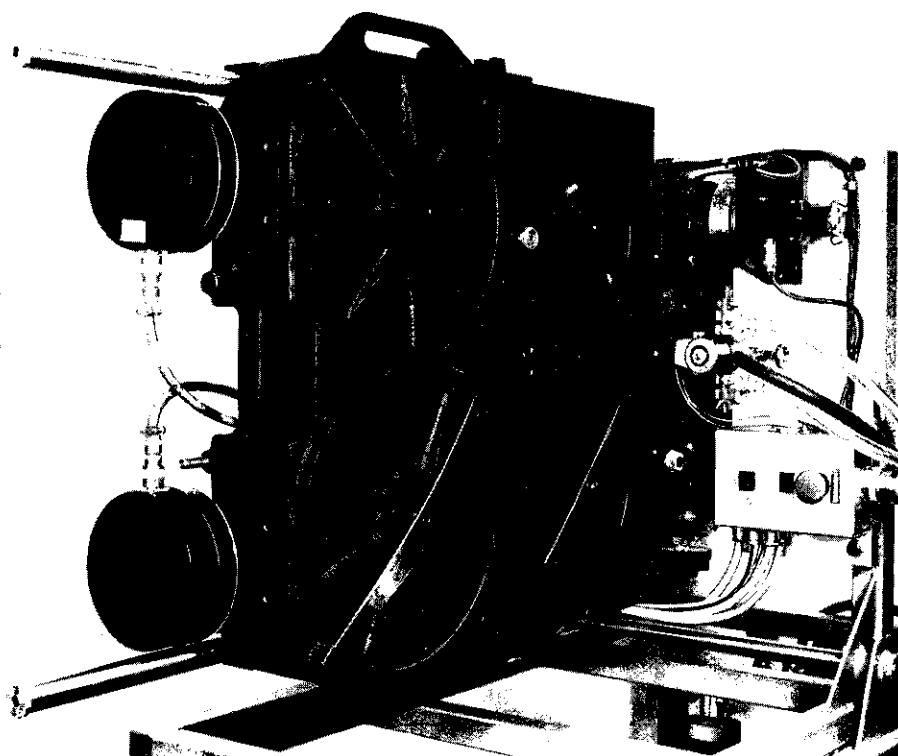
Le choix entre les enroulements magnétiques classiques et supraconducteurs devrait se faire dans un proche avenir. Les dépenses d'immobilisation sont comparables dans les deux cas, mais l'utilisation d'enroulements supraconducteurs provoquerait une réduction considérable du coût de fonctionnement (un enroulement classique nécessiterait une puissance de 7,5 MW). Il existe aussi une certaine tendance en faveur de l'utilisation d'un enroulement supraconducteur à cause de l'intérêt qu'il présente en tant qu'élément d'une technique de pointe.

On étudie un supraconducteur creux dans lequel on fait circuler de l'hélium liquide pour maintenir une température supraconductrice. Habituellement les enroulements fonctionnent en état d'immersion dans un bain d'hélium liquide mais cette méthode de circulation forcée utilisant un conducteur creux devrait permettre

* La distance optique séparant le film du faisceau atteint 5 m et l'angle stéréo est égal à 17°.



CERN/PI 199.11.68



CERN/PI 5.12.68

d'obtenir un refroidissement plus uniforme et de choisir un enroulement plus compact et un cryostat simplifié consommant moins d'hélium. (Les premières études consacrées au sujet ont été signalées dans le rapport jaune 68-17 du CERN.)

Les essais d'un enroulement en supraconducteur creux commenceront le 1er mars. La décision relative à l'enroulement de l'aimant sera prise en avril, puis la fabrication sera mise en adjudication.

On travaille à mettre au point les ensembles de chambres à fils et de chambres optiques qui doivent être utilisés

pour les premières expériences. Une maquette de chambre à étincelles optique a été construite à l'échelle un demi, et essayée avec succès. Elle présente plusieurs caractéristiques inhabituelles. Les feuilles d'aluminium ont une épaisseur de 10 μ seulement (l'épaisseur usuelle est de 25 μ), si bien que la quantité de matière traversée par les particules est bien plus faible. La longueur de radiation est augmentée jusqu'à 86 m et la diffusion multiple réduite. Pour permettre aux particules de basse énergie de s'échapper de l'aimant, le cadre d'aluminium a été réduit

En haut : cadre de chambre à étincelles optique à l'échelle $\frac{1}{2}$. Il recevra une feuille d'aluminium très mince (10 μ au lieu des 25 μ habituels); l'un de ses côtés (en aluminium) (à gauche) n'a qu'une épaisseur d'un millimètre afin que les particules de basse énergie puissent s'échapper et être détectées hors du champ magnétique. La photographie du bas montre la caméra stéréo qui peut prendre un cliché toutes les 50 ms et grâce à laquelle le taux d'acquisition des données avec les chambres optiques est assez élevé. La caméra utilise un film de 70 mm où deux vues stéréoscopiques sont placées côte à côte.

à 1 mm sur un des côtés de la chambre (voir photo).

Comme indiqué ci-dessus, le rythme d'acquisition des données dans un ensemble de chambres optiques sera fonction du rythme de prise de vues de la caméra. Les études ont abouti à la construction d'une caméra de 70 mm à grande rapidité qui peut fonctionner au rythme d'une photographie toutes les 50 ms, rythme qu'il sera peut-être possible d'accroître encore légèrement.

L'étude des problèmes posés par l'analyse a déjà commencé au sein d'un groupe de la division Données et Documents. On donnera au HPD la capacité nécessaire et des ordinateurs convenables sont à l'étude. Les programmes de calcul destinés à la reconstitution dans l'espace des événements et à leur analyse sont actuellement mis au point.

Oméga augmentera la capacité destinée aux expériences électroniques du CERN et permettra à un plus grand nombre de savants venant des universités européennes de prendre part à ces expériences. La majeure partie des données sera analysée en dehors du CERN même.

Plusieurs expériences telles que l'étude des processus d'échange des baryons, la recherche de la masse manquante et l'étude des désintégrations leptoniques des hyperons ont déjà été effectuées de façon assez approfondie.

Le coût total du projet (aux prix de 1967) est estimé à 13,9 millions de francs suisses pour la chambre (aimant, chambres à étincelles optiques, etc...), plus 8,4 millions de francs suisses pour l'installation de traitement des données (ordinateurs HPD, etc...). La durée de la construction est estimée à trois ans et demi; il est prévu par conséquent qu'Oméga entrera en service vers la fin de 1971.