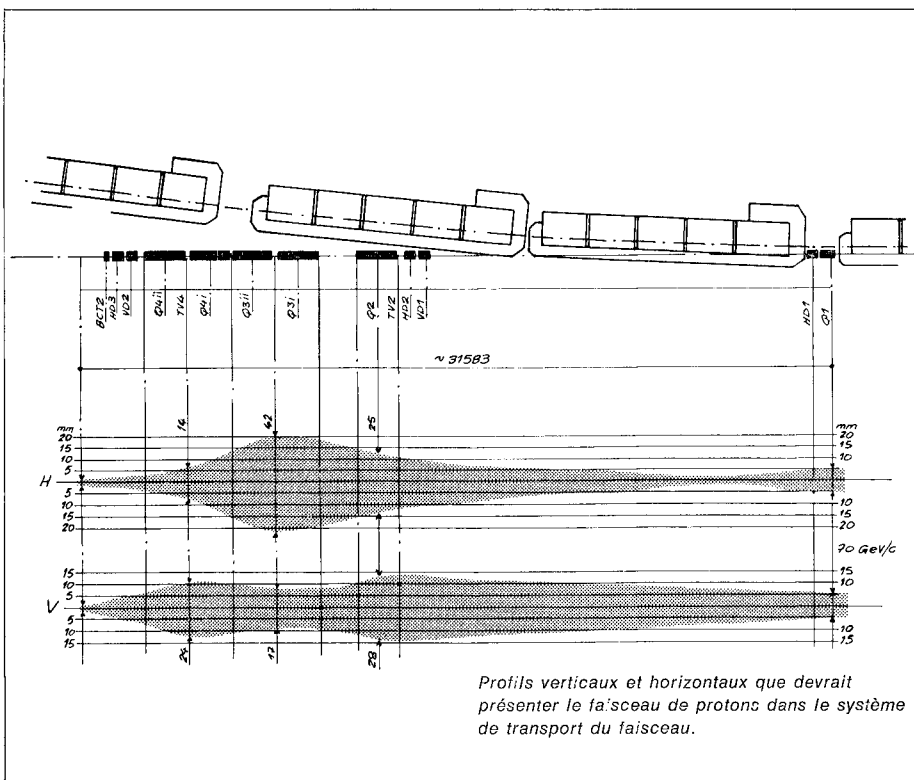


# Ligne à séparation HF

D'après des informations fournies par H. Lengeler



Profils verticaux et horizontaux que devrait présenter le faisceau de protons dans le système de transport du faisceau.

irradiation prolongée. Ces difficultés ont été surmontées. Tous les aimants ont maintenant été livrés au CERN et les essais sous tension sont effectués. Un programme de mesures magnétiques détaillées est en cours. Un aimant de chaque type a été traité et se trouve à présent à l'IPHE, prêt à être mis en place.

Les essais ont confirmé qu'il était possible de placer, dans les aimants pulsés, une chambre à vide à fine paroi métallique sans perturber sensiblement la configuration du champ magnétique. Cela a beaucoup simplifié la construction de l'enceinte à vide.

Les commutateurs de décharge pour l'alimentation en courant pulsé, tous livrés au CERN, sont l'objet d'essais finals avant montage à l'IPHE. Pour décharger dans les aimants l'énergie accumulée dans les condensateurs, on a choisi des thyristors. Les circuits ont un facteur de surtension élevé et sont conçus de manière que l'oscillation cesse après le premier cycle complet. L'impulsion positive passe dans l'aimant, tandis que l'impulsion négative traverse un réacteur à faible perte, à des diodes en série, monté en parallèle avec l'aimant.

Le prototype de l'alimentation pulsée est arrivé au CERN, et ses derniers essais sont en cours. La tension et l'intensité de cette unité à étage unique sont réglées par des thyristors dans le circuit primaire du transformateur. On a eu beaucoup de peine à réaliser la stabilité du voltage nécessaire à l'exploitation de faisceaux de haute énergie, sans

l'adjonction d'un deuxième étage de réglage de précision au circuit secondaire haute tension du transformateur. Ces difficultés résolues, on espère que toutes les alimentations seront livrées avant la fin d'août.

L'appareillage de contrôle a été mis au point et fabriqué au CERN. Le courant dans l'aimant affiché sous forme numérique est donné par un « shunt » couplé à un convertisseur analogique numérique. Les décharges alimentant l'aimant sont assurées par une commande numérique actionnée par les trains d'impulsions de l'accélérateur. Des sécurités permettent d'éviter les dégâts sérieux en cas de mauvais fonctionnement d'une partie quelconque du système.

Le montage et la mise en service du système de transport de faisceau pulsé auront lieu en plusieurs temps. Après la pose des câbles à l'IPHE, les deux premiers aimants de la ligne de transport de faisceau devaient être installés pendant la fermeture de l'accélérateur en août 1971. Les aimants et les équipements auxiliaires restants seront installés pendant la fermeture d'octobre. Entre les périodes de fermeture on doit monter et partiellement essayer les équipements situés dans le hall d'alimentation du système de transport et dans la salle de contrôle. La mise en œuvre du faisceau en conjonction avec la chambre à bulles Mirabelle est prévue pour le début de 1972.

Malheureusement, personne à ce jour n'a trouvé le moyen de prédéterminer les types de particules ni leurs quantités de mouvement produits au moment où un faisceau primaire de protons frappe une cible. On est forcé de prendre ce qui se présente et de sélectionner ensuite l'espèce déterminée (bon grain ou ivraie...) qui intéresse. De même, dans la giclée de particules secondaires obtenues à la cible, seules sont utilisables celles qui se déplacent dans un angle fixe assez restreint. Le reste se perd. La chambre à bulles est pourtant un dispositif d'une telle sensibilité qu'elle enregistre les traces de pratiquement toutes les particules chargées qui la pénètrent. De la sorte, s'il s'en présentait plus d'une douzaine à la fois, la confusion rendrait l'analyse de la photographie singulièrement difficile. Le problème est donc de faire pénétrer dans la chambre à bulles un petit nombre des particules sélectionnées, aussi dépouillées que possible de particules de masse ou de quantité de mouvement.

Pour la ligne de faisceau à séparation de Serpoukhov, le cahier des charges stipule que l'impureté du faisceau émergent ne doit pas dépasser quelques pour-cent. Cela signifie que, pour chaque particule intéressante qui échapperait à l'expérimentateur, le système devrait rejeter jusqu'à 200 000 particules indésirables. Dans la pratique, quelque 50 % des particules recherchées parviennent à franchir cette section du parcours d'obstacles qui leur est réservée au travers du séparateur. Auparavant, un coefficient de quelque  $10^6$  se perdait lors de l'analyse de la quantité de mouvement.

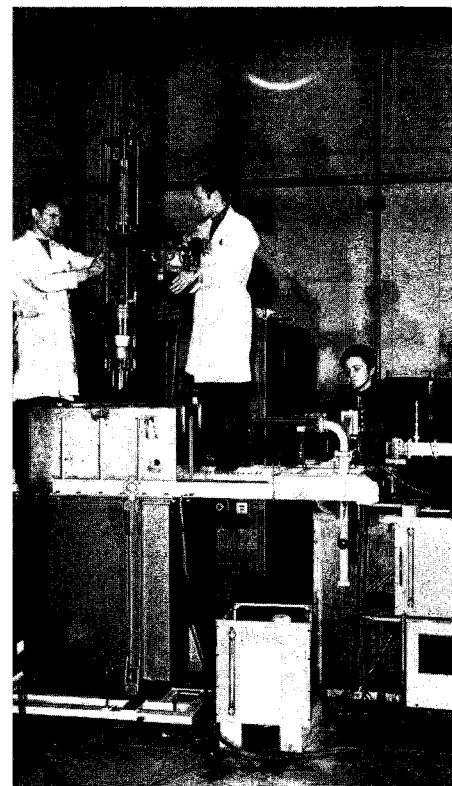
Le dispositif a pour but de sélectionner les kaons et les antiprotons d'une quantité de mouvement comprise entre 16 et 36 GeV/c, les pions jusqu'à 60 GeV/c et les protons jusqu'à 70 GeV/c.

Ce séparateur est semblable, dans son principe, à celui que l'on a décrit dans le COURRIER (vol. 5, page 35) à l'époque où le CERN mettait

Montage d'un klystron amplificateur. Ces klystrons fournissent une puissance HF pulsée de 20 MW à 2855 MHz. La HT est envoyée par impulsions de 8  $\mu$ s sous 270 kV. Les déflecteurs reçoivent la puissance HF par l'intermédiaire d'un système complexe de guide d'ondes, couplé à un filtre céramique HF.

en service la ligne de kaons négatifs de 10 GeV/c, chargée dans un premier temps d'alimenter la chambre à bulles britannique de 1,52 m. Depuis lors, la technique n'a cessé d'évoluer et la ligne actuelle, qui dessert la chambre à hydrogène de 2 m, peut fonctionner dans un domaine de quantité de mouvement compris entre 10 et 20 GeV/c (vol. 7, p. 125 et 252, vol. 10, p. 31). Résumons le principe en quelques mots : le faisceau de particules secondaires, en progression directe vers l'avant, subit une première analyse de sa quantité de mouvement en traversant une série d'aimants quadripolaires, de focalisation et de collimateurs chargés de déterminer l'angle d'acceptance, puis d'aimants dipolaires qui infléchissent la trajectoire des particules entrantes en fonction de leur quantité de mouvement. Puis intervient un deuxième groupe d'aimants de déflexion et de focalisation, chargés de refocaliser la portion du faisceau original qui débouche sur une ligne prédéterminée. Il incombe ensuite au séparateur HF de trier les particules en fonction de leurs différences fractionnaires de vitesse. Cette sélection s'opère en faisant passer le faisceau à travers une série de cavités HF, séparées par de longs parcours de vol. Dans ces cavités, une onde progressive exerce une force transversale sur les particules et seules celles qui restent en phase jusqu'au bout sont correctement déviées de la ligne directe, évitant ainsi le bouchon de faisceau disposé sur le parcours en ligne droite. Vu l'énergie accrue du faisceau à séparateurs, par rapport au faisceau du CERN, les cavités doivent avoir une plus grande puissance de déflexion et les distances sont plus longues. Pour ne pas dépasser les 20 MW actuels, seuil de la puissance maximale que peuvent fournir les klystrons d'alimentation, on a agrandi la longueur des cavités (de 3,50 m à 6 m) ainsi que la distance entre la première et la troisième (de 50 m à 252 m). Chacun des deux systèmes comporte trois postes.

Vue plongeante d'un séparateur HF. Au premier plan, les trois déflecteurs, longs de 6 m chacun, avec les postes de commandes locales. Derrière, les trois alimentations pulsées et les klystrons amplificateurs de 20 MW, montés dans des cuves à huile et protégés des rayons X par un lourd blindage.

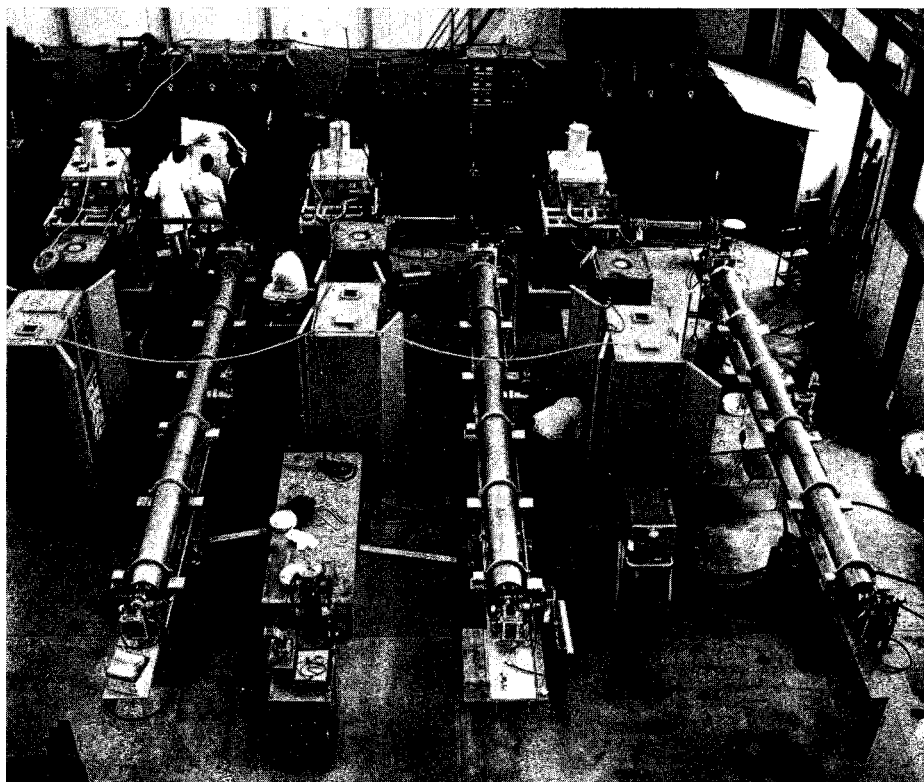


CERN 197. 1. 70

d'éjection rapide, est très longue comparativement à la période des champs HF. De la sorte, les particules se présentent à n'importe quelle phase par rapport au champ de déflexion. Le problème est que les particules désirées restent en phase et dévient de façon régulière.

En raison du temps de circulation dans l'anneau principal, la puissance HF doit pouvoir soutenir un temps global d'injection de 5,2  $\mu$ s.

Avant d'entrer dans les sépara-



CERN 160. 6. 71

teurs, le faisceau divergent de la cible traverse deux collimateurs puis quatre aimants quadripolaires qui le focalisent dans un plan horizontal et lui donnent une acceptation horizontale de  $\pm 5$  mrad et une acceptation verticale de  $\pm 3,8$  mrad. Il traverse ensuite deux aimants de déflexion de 6 m, deux collimateurs, deux nouveaux aimants de déflexion et, enfin, deux quadripôles qui le focalisent dans deux plans au centre du premier séparateur HF. Les intervalles entre les trois séparateurs, dont les cavités sont distantes de 88 m (pour le premier et le deuxième) et de 164,5 m (pour le deuxième et le troisième), comportent chacun deux paires de quadripôles. Le dernier séparateur est suivi d'une ligne de transport comportant une autre série de collimateurs, des aimants dipolaires et quadripolaires, effectuant une deuxième analyse de quantité de mouvement, et le système de réglage du faisceau pour la chambre à bulles.

L'étude des séparateurs fut menée, peu après la signature de l'accord, par un groupe conduit par H. Lengeler, chef du projet, et composé (pour le CERN) de Ph. Bernard (chef adjoint du projet), M. Candolfi, M. Kubly (études mécaniques), Cl. Dalmas, F. Grabowski, A. Imsomby, J. F. Malo, J. P. Moussard (pour une période limitée), J. Cl. Prelaz, R. Romijn (études électroniques), H. Preis (réalisations électroniques et mécaniques), P. Cottet (vide), Cl. Ruyret (bureau des plans); pour Serpoukhov: B. Prossin (électronique), V. Vaghin (structures de déflexion et études générales) et V. Zelenin (modulateurs).

Le CERN a été chargé d'une grande partie de la fabrication de précision. L'industrie privée a fourni trois modulateurs (Ling-Altec, Royaume-Uni), trois guides d'ondes à disques de 6 m, qui constituent le cœur des cavités des séparateurs (CSF, France) ainsi que des klystrons de haute puissance (Thomson-Varian, France).

Les essais du système complet ont débuté en mars dernier et le transport par route Genève-Serpoukhov s'est fait à la mi-juillet alors que l'installation a commencé au début d'août et durera deux mois environ. Puis succédera une période d'essais et de réglages afin de permettre une mise en service au début de l'an prochain à la suite de quoi le système produira des faisceaux de particules séparées aux plus hautes énergies disponibles dans le monde.

# Mirabelle

Par M. Nguyen, de Saclay

Dans les précédents volumes du COURRIER CERN (voir vol. 9, page 308, et vol. 10, page 117), nous avons passé en revue la description de Mirabelle (la grande chambre à bulles à hydrogène liquide d'un volume total de 11000 litres, dont 7000 litres photographiables) et ses premiers essais entrepris à Saclay. Ces essais successifs ainsi que les améliorations qui en résultaient ont permis de réaliser, en mars 1970, une expérience test de physique, durant laquelle, avec injection d'un faisceau de l'accélérateur Saturne, 50 000 photos destinées à la mise au point des méthodes d'exploitation des clichés ont été prises.

Le démontage de Mirabelle à Saclay a débuté en mai 1970. Conformément à une logique de démontage, qui devait en même temps tenir compte des impératifs du transport et du remontage à Serpoukhov, les équipements de cet ensemble qui pèse environ 3 600 tonnes ont été démontés, emballés, répertoriés pièce par pièce. Les caisses ont pris la route pour Le Havre, d'où elles étaient transportées par mer jusqu'à Leningrad, et de là à Serpoukhov par rail. Tout ce travail complexe a pu être mené à bien, conformément à un planning soigneusement établi qui synchronisait en même temps la cadence du démontage aussi bien que celle des rotations des bateaux et des trains, et le matériel a pu être amené au complet sur le site de Serpoukhov en décembre. Entre-temps, l'équipe responsable du remontage et du fonctionnement de Mirabelle, composée d'une cinquantaine de personnes, avec leurs familles, s'est installée sur place en septembre 1970. Le remontage a donc pu débuter dès cette date, et s'est terminé dans de bonnes conditions, comme prévu, à la fin d'avril 1971.

Compte tenu des aléas occasionnés par l'éloignement du site de Serpoukhov où tout imprévu peut entraîner un retard considérable sur les prévisions, mentionnons le caractère remarquable de cette rapidité.

Il restait à établir les branchements de connexions nécessaires entre Mirabelle et l'infrastructure soviétique:

alimentations électrique, cryogénique, et autres fluides, etc. Tout ce travail, préparé depuis longtemps par les deux parties, a été terminé rapidement, ainsi que la réception de la chambre, par la commission de réception franco-soviétique.

Ainsi, au matin du 10 juin, dans le hall situé à un bout de la galerie technique de 450 m de long, Mirabelle revenait à la vie: pendant quatre jours, avec injection d'un faisceau de protons de 70 GeV/c, 20 000 décharges ont été réalisées, et 4 000 photos ont été faites. Ce furent les premières photos jamais prises avec un faisceau de protons de cette énergie et dans une chambre à bulles à hydrogène liquide de cette taille. Elles sont actuellement en cours d'étude; déjà, un rapide examen en a fait ressortir d'intéressants aspects, et un certain nombre de photos seront probablement sélectionnées et mesurées. Cette première expérience technologique, faisant suite aux multiples péripéties du démontage, du transport et du remontage, s'est révélée très encourageante, notamment aux points de vue sensibilité et fiabilité. Mirabelle a montré qu'elle est, de par son grand volume photographiable, un appareillage approprié aux expériences à hautes énergies et, surtout, qu'elle permet, grâce à sa grande longueur photographiable (4,70 m), d'enregistrer des interactions créées au début de la chambre et d'en suivre le dénouement sur une étendue suffisamment étalée pour en permettre une exploration très complète par les physiciens.

D'autres expériences auront lieu d'ici à la fin de l'année. Et pour les expériences à venir, en plus du faisceau de protons déjà disponible de 70 GeV/c, il a été prévu, vers la fin de 1971 ou au début de 1972, d'autres faisceaux séparés par haute fréquence qui font l'objet d'une collaboration entre les physiciens de Serpoukhov et du CERN. Un faisceau de neutrinos a aussi été envisagé, qui sera fonction de l'accroissement de l'intensité de l'accélérateur et du programme d'expériences qui sera sélectionné.