

Transport du faisceau

D'après des informations fournies
par G. C. J. Davies et A. Ball

Au système d'éjection fait suite le système de transport du faisceau externe de protons destiné à Mira-belle. Pour des raisons de commodité et de manque de place, ce système de transport est pulsé. Le projet a démarré au CERN au début de 1968, et les principaux paramètres du système furent arrêtés en mars, lors d'une réunion conjointe CERN - IPHE. Le projet fut alors mis en œuvre par 5 membres du Groupe Transport de faisceau (de la Division TC-L), sous la direction de B. Langeseth. Seuls cependant F. Völker, coordinateur du projet, et G. C. J. Davies y ont été employés à plein temps, les autres membres combinant leur participation avec des activités similaires auprès des systèmes de faisceaux des zones Ouest et Sud-Est du CERN. En 1970, deux membres de l'Institut de physique des hautes énergies, A. Aseev et A. Afonine, se joignaient au Groupe pour collaborer aux phases finales de la fabrication et de la mise en service.

De la fenêtre d'éjection sise à la section droite 28, le faisceau de protons est transporté jusqu'à la cible externe par le moyen d'un ensemble de lentilles quadripolaires et d'aimants de déflexion dont le tableau ci-dessous donne les principaux paramètres.

L'étude détaillée de l'optique du faisceau, entreprise conjointement par les spécialistes du CERN et de l'IPHE, a comporté entre autres une simulation du comportement du faisceau dans les limites des tolérances d'exploitation de l'accélérateur et du système de transport. Les résultats de cette étude n'ont pas conduit à modifier sensiblement le système tel qu'il a été précédemment décrit (C. C., vol. 10, p. 33). On a évalué une seconde configuration pour la focalisation, qui ne demande que des changements de polarité dans l'alimentation des aimants du triplet final, et le choix définitif du dispositif de focalisation se fera sur les mesures des paramètres du faisceau éjecté.

Observation du faisceau

Le dispositif d'observation du faisceau comprend un écran à scintillation, télécommandé et visionné par le système de télévision de l'IPHE, qui fournit les indications voulues sur la forme et la position du faisceau. Des transformateurs de courant de faisceau servent à maintenir l'intensité du faisceau et à en évaluer les pertes. Le signal du transformateur, traité par un convertisseur analogique numérique, est affiché sous forme de chiffres. Un détecteur de charge de cible permet de déterminer l'efficacité d'interaction du faisceau de protons avec la cible. Un compteur sert à calculer le nombre de paquets éjectés de l'accélérateur à chaque cycle. Toutes ces données sont affichées sur les tableaux de la salle de contrôle du système.

Les divers détecteurs et les circuits électroniques correspondants ont été mis au point et fabriqués par le CERN, tandis que l'IPHE se chargeait de l'étude et de la réalisation du circuit de télévision et du système optique associé, ainsi que des essais de divers matériaux scintillants.

Les essais et la calibration de l'équipement ont été effectués au CERN, avec la participation des savants visiteurs de l'IPHE, y compris les essais de faisceau dans la zone des neutrinos (zone Sud-Est).

Equipement

Les aimants d'acier laminé refroidis à l'eau comportent des bobines d'excitation à enroulements multiples. Le gradient est de 93 tesla/mètre dans les quadripôles de 30 mm, et de 45 T/m dans les quadripôles de 70 mm. Les aimants de déflexion produisent 2 T. On a rencontré au départ un certain nombre de difficultés dans la construction des aimants, d'abord pour obtenir les tolérances mécaniques élevées, nécessaires à une bonne configuration du champ, ensuite pour obtenir un enroulement d'excitation compact et capable de supporter les hautes tensions et les contraintes mécaniques sous une

PRINCIPAUX PARAMÈTRES DU SYSTÈME DE TRANSPORT DU FAISCEAU PULSÉ

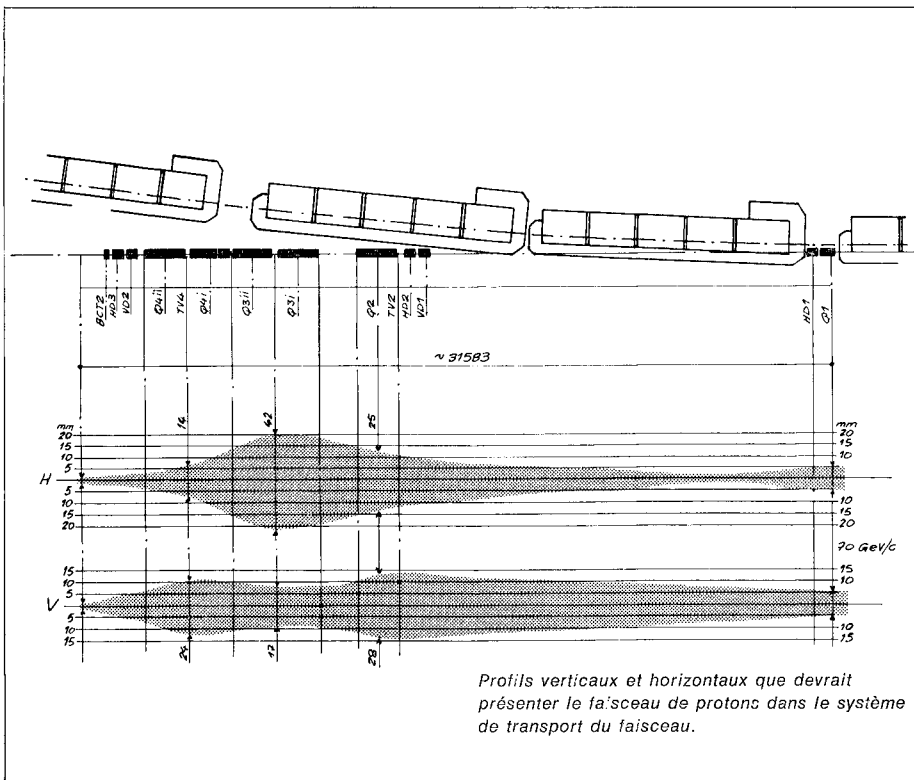
Quantité de mouvement des protons	: 30 - 75 GeV/c
Emittance du faisceau externe, valeur théorique	: $\pi \times 10^{-6}$ rad/m
Section de la cible	: $10 \times 2,00$ mm
Cycle de répétition	: 4 impuls. à 500 ms d'intervalle par cycle de 8 s
Longueur de la ligne de faisceau	: 35 m (approx.)

	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Aimants de déflexion
Diamètre d'ouverture de l'aimant (mm)	30	70	70	70	60
Densité du flux magnétique à 75 GeV/c (T)	1,2	0,8	1,2	1,4	0 - 2,0
Gradient du champ magnétique (T/m) à 75 GeV/c	78,1	22,0	33,3	39,5	—
Équivalence magnétique (m)	0,778	1,55	$2 \times 1,55$	$2 \times 1,55$	0,465
Courant d'excitation à 75 GeV/c (kA)	2,5	2,0	2,5	3,0	0 - 2,62
Inductance (mH) par élément	0,23	2,1	2,1	2,1	2,4
Résistance (mΩ) par élément	57	100	100	100	70
Pression de l'eau de refroidissement (kp/cm ²)	25	25	25	25	25
Énergie maximale emmagasinée dans les condensateurs (kJ)	10	6	2×20	2×20	10
Tension maximale de charge en courant continu (kV)	5	5	5	5	5
Puissance de pointe en courant continu (kW) D.C.	50	100	2×100	2×100	50
Puissance moyenne en courant alternatif (kVA) A.C.	6	12	2×12	2×12	6

Stabilité de la tension de charge	: $\pm 5 \times 10^{-4}$
Stabilité du courant d'une impulsion à l'autre	: $\pm 1 \times 10^{-3}$
Taux d'utilisation de l'aimant	: 0,03 % (approx.)

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