

# Systeme d'éjection rapide

D'après des informations fournies par B. Kuiper

« Mastodonte ! », s'est exclamé Kyril Petrovic Myznikov en pénétrant dans le Hall de CESAR au CERN, en avril dernier, devant l'assemblage complet des générateurs d'impulsions à temporisation destinés à l'aimant de déflexion rapide de Serpoukhov. M. Myznikov est à la tête de la Division responsable, à l'Institut de physique des hautes énergies (IPHE), de l'extraction des faisceaux, des cibles et des performances aux hautes énergies. Sa réaction rejoint celle de nombreux visiteurs, en particulier ceux pour qui l'éjection n'est encore qu'un « truc » de plus. Cette technique en vérité a fait du chemin depuis l'extraction du premier faisceau du PS, en 1963 (vol. 3, pages 63 et 79) au moyen d'un équipement conçu par le même groupe du CERN. A Serpoukhov, le système d'aimants de déflexion rapide à grande ouverture emmagasinerait une énergie pulsée d'environ 20 kJ, soit en gros 45 fois l'énergie du premier déflecteur rapide du PS, et plus de 8 fois l'énergie du projet FAK d'ai-

mants de déflexion rapide à grande ouverture, prochaine génération de déflecteurs en cours d'étude pour le PS.

Cela donne une idée de l'ampleur du projet, tributaire en partie de la plus haute énergie des particules et de la plus grande longueur d'impulsion (circonférence de l'accélérateur), et en partie des dimensions de l'ouverture comme de la longueur limitée des sections droites. Les performances requises sont en outre plus complexes. Les spécifications prévoient l'éjection de trois paquets de protons par cycle dans trois canaux différents et, au choix, de trois nombres différents de paquets et trois énergies et temps différents d'éjection. Ces conditions sont lourdes de conséquences pour la plupart des éléments du système d'éjection, soit toutes les alimentations, les deux systèmes d'aimants à septum, le mécanisme mobile, le système à vide et les circuits électroniques.

Contrairement au système de trans-

1. Un petit ordinateur va traiter les données caractéristiques du faisceau au stade de l'éjection. Jacques Nuttall et Fabio Fabiani contrôlent le matériel à l'aide du programme.

2. Les dix modules de l'aimant de déflexion rapide à grande ouverture sont montés dans une enceinte à vide, de 3 m, que l'on aperçoit ici sur sa plate-forme (Bernard Féral effectue le réglage des boîtes de résistances) ; 120 m de câbles spéciaux transmettent les impulsions HT.

3. Générateur d'impulsions de l'un des deux aimants à septum, photographié ici devant les modules de son alimentation HT. Herman van Breugel examine les condensateurs de stockage.

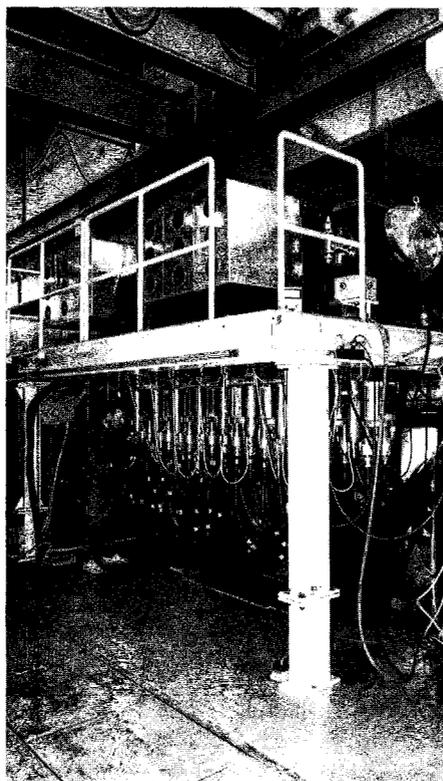
port de faisceaux pulsés et aux séparateurs HF de particules, qui peuvent être traités avec une relative indépendance une fois réglée la question de leur connexion, le système d'éjection rapide est destiné à faire partie intégrante de l'accélérateur. Tout l'équipement de répartition des protons se trouve concentré dans une petite fraction de la circonférence de la machine, entre les sections droites 16 et 28 (vol. 10, p. 31). Les trois canaux d'éjection rapide (A, B et C) ainsi que deux voies d'éjection lente (B et D) s'y trouvent imbriqués avec un certain nombre de canaux de faisceaux secondaires avec cibles internes.

Cette situation impose un grand nombre de restrictions dans l'encombrement et entraîne des difficultés de compatibilité, dans la construction et le fonctionnement, des divers systèmes entre eux et avec l'accélérateur. Une partie de ces limitations ne se sont révélées que petit à petit, à mesure que la conception de certains de ces canaux évoluait parallèlement



CERN 176.8.71

1.



CERN 192.8.71

2.



CERN 182.8.71

3.

Ci-dessous : dates principales de l'histoire du projet d'éjection rapide et éléments composants du système. A droite : en haut, paramètres de l'accélérateur et, en bas, schémas concernant le système et son installation sur l'accélérateur de Serpoukhov.

**DATES**

Fin	1966	Première discussion technique
Juillet	1967	Accord signé à Moscou
Septembre	1967	Présentation du projet
Janvier	1969	Démarrage des travaux techniques pour Serpoukhov
Mars	1969	Signature de l'Accord
Année	1969	Prototypes et plans
Année	1970	Construction et fabrication
Année	1971	Installation à Serpoukhov
Début	1972	Première éjection

**VALEURS IMPOSEES POUR L'ÉJECTION**

Possibilités d'éjecter dans différents canaux 1 à 30 paquets de protons (nombre différent à chaque coup) de 30 à 76 GeV (énergie différente à chaque coup), maximum de 3 coups par cycle à 250 ms d'intervalle.

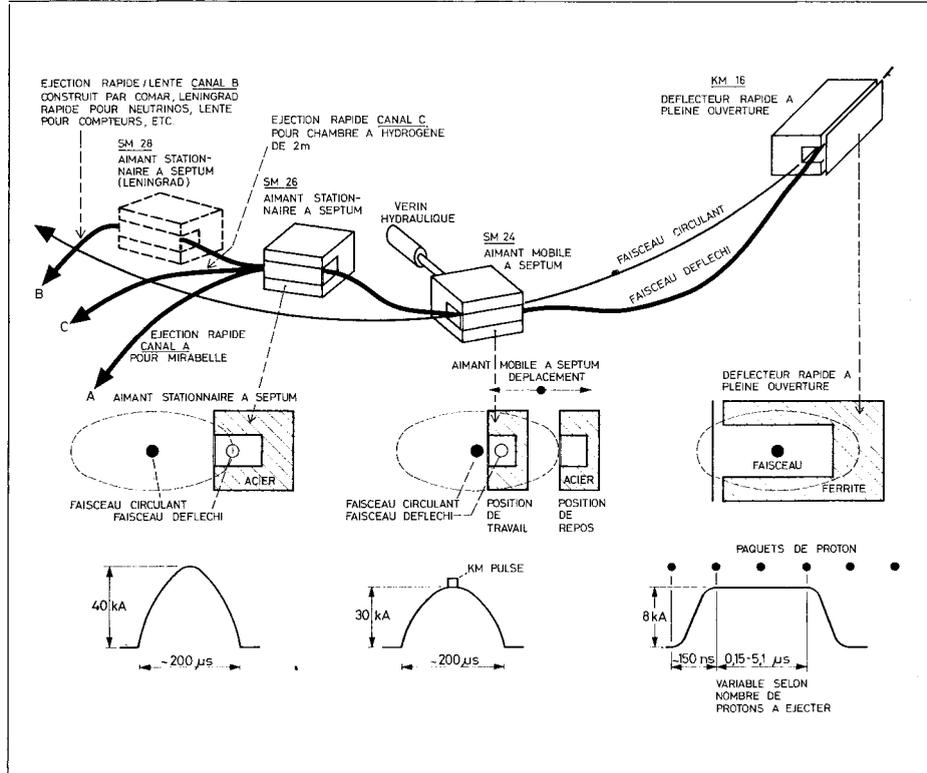
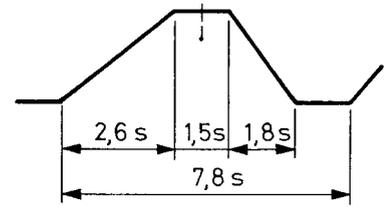
**ÉLÉMENTS COMPOSANTS**

- Aimant de déflexion rapide à grande ouverture : KM 16 ; ouverture  $14 \times 10$  cm<sup>2</sup> ; longueur 3 m ; champ 0,1 T permettant une déflexion de 1 mrad à 70 GeV ; générateur d'impulsions et alimentations.
- Deux aimants à septum : SM 24 ; ouverture  $3,5 \times 3$  cm<sup>2</sup> ; longueur 1,5 m ; champ 1 T permettant une déflexion de 4 mrad à 70 GeV et SM 26 (mobile) ; ouverture  $6 \times 3$  cm<sup>2</sup> ; longueur 3 m ; champ 1,4 T permettant une déflexion de 15 mrad à 70 GeV ; générateurs d'impulsions et alimentations.
- Trois enceintes à vide pour aimants.
- Trois systèmes à vide et commandes.
- Mécanisme hydraulique de déplacement plus station de pompage et commandes.
- Système de programmation et de synchronisation.
- Système de diagnostic du faisceau (postes de détection, ordinateur en ligne et visualisation des données).
- Système général de commande et de verrouillage.
- Système de surveillance des impulsions.

**ACCELERATEUR :**

ENERGIE	76	GeV
INTENSITE	$10^{12}$	ppp
TEMPS DE REVOLUTION	5	$\mu$ s
NOMBRE DE PAQUETS	30	
RAYON MOYEN	227	m
DIAMETRE DU FAISCEAU	20	mm

**CYCLE MAGNETIQUE**



au système du CERN. Il est d'autre part évident que cette concentration de systèmes variés comme de groupes responsables risque d'être un terrain de choix pour des discussions interminables sur «qui fait quoi» au faisceau, à moins qu'il n'existe un équipement de diagnostic de faisceau approprié et spécialement adapté à la fourniture des renseignements voulus aux points cruciaux. L'ampleur même du projet est résultée de l'ensemble de ces facteurs.

Il fallait que le système tout entier soit monté et essayé au CERN avant l'expédition. Il fallait y incorporer des commandes souples pour assurer la compatibilité et fournir un bon système de diagnostic de faisceau afin d'éviter des interprétations ambiguës. Enfin, pour réduire les discussions au minimum, il fallait bien définir les responsabilités des parties contractantes.

Le projet s'est également soldé par bien des particularités inattendues qui, jointes aux inévitables extra-

polations techniques et au peu de temps disponible, ont causé beaucoup de soucis aux membres du groupe responsable.

Le travail a de surcroît été compliqué par le problème de la langue, par les différences dans les normes et les habitudes de travail, et par la lenteur des communications. Toutes ces difficultés ont cependant été acceptées comme un défi qui mérite d'être relevé, tant à l'échelon technique qu'au niveau des personnes. Assurément, pareil effort impliquant tant de gens aurait été impossible sans manifestations répétées de bonne volonté de toutes les parties, sans montre de patience et de compréhension de part et d'autre, et sans motivations personnelles dépassant largement le cadre de la simple fabrication d'un système d'éjection pour un accélérateur.

Le résultat tangible de l'entreprise est maintenant exposé dans le Hall de CESAR, sous la forme de constructions d'acier bien tassées et volumi-

neuses, autant que bruyantes, et d'une succession d'armoires bourrées de circuits électroniques dans la salle de contrôle factice du bâtiment 15. L'équipement est pratiquement terminé et s'en trouve aux derniers stades du montage et des essais.

Il faut relever aussi que les deux années et demie nécessaires à la réalisation du prototype, des études techniques, de la fabrication, du montage et des essais, ont constitué un minimum de temps. Normalement, un projet de ce genre eût été orchestré dans un ensemble plus vaste et sur un calendrier moins serré. A la vérité, cette réalisation n'a été possible que grâce aux facteurs suivants : (1) l'expérience acquise par le groupe dans des projets antérieurs d'éjection et en particulier dans la construction du système « Straight Flush » (vol. 8, p. 175) dont les principes ont été appliqués à la conception de l'équipement destiné à Serpoukhov ; (2) une structure typique du groupe responsable du projet, avec priorité absolue dans la mobili-

4. Albert Bertuol et Mario Minella examinent l'enceinte à vide de l'aimant à septum fixe.

5. Extrémité d'un aimant à septum avec la connexion entre le conducteur intérieur et le septum de l'enroulement d'excitation à boucle unique.

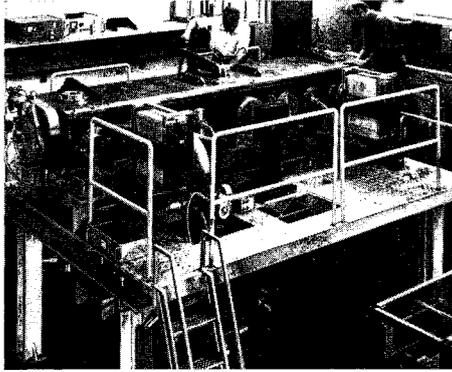
6. L'ajustement de l'éjection rapide aux trains d'impulsions synchronisant les opérations de l'accélérateur est assuré par un système complexe de programmation et de synchronisation qui coordonne le fonctionnement des systèmes d'éjection et de transport du faisceau, des séparateurs et de la chambre à bulles.

Tasios Kitsakis contrôle les étages de sortie de haute puissance.

7. Les dix modules de l'aimant de déflexion rapide sont alimentés séparément par dix générateurs d'impulsions à ligne de retard, accouplés pour former cinq blocs. René Bonvin referme le panneau des éclateurs haute pression à déclenchement commandé.

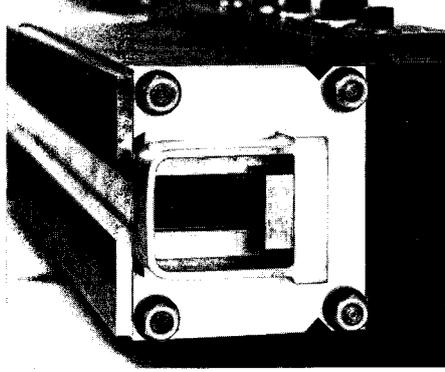
8. L'aimant à septum mobile se déplace dans une enceinte à vide longue de 3 m raccordée ici au vérin électro-hydraulique asservi et au système de guidage de précision de l'aimant. Alain Bertuol installe une caméra TV qui doit

permettre de surveiller le déplacement de l'aimant à partir de la maquette de salle de contrôle.



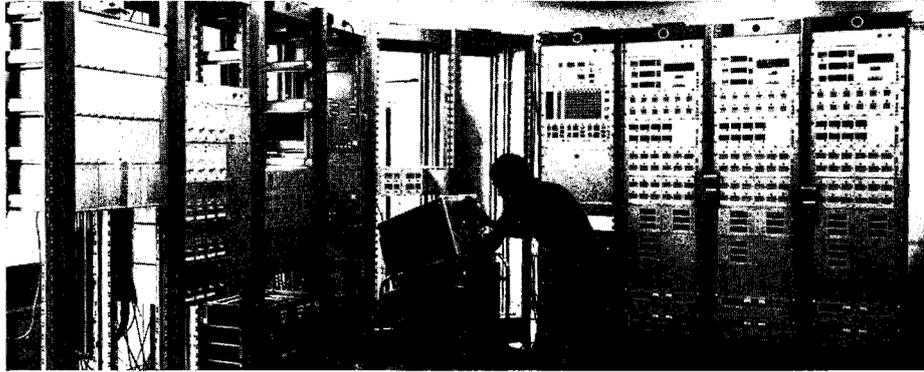
CERN 180.8.71

4.



CERN 193.8.71

5.



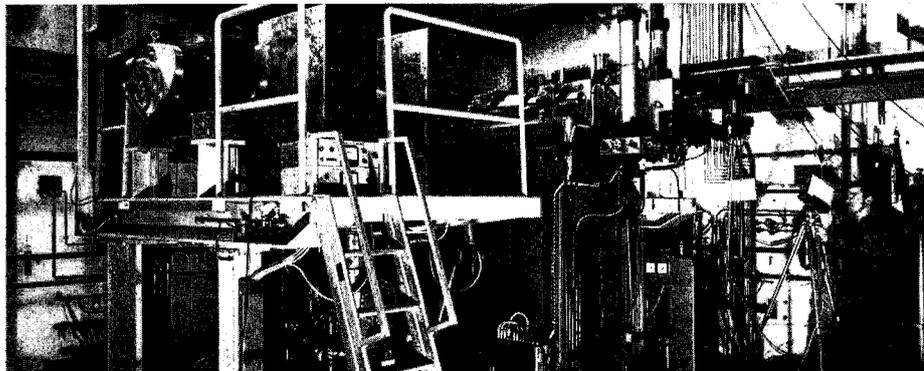
CERN 177.8.71

6.



CERN 186.8.71

7.



CERN 183.8.71

8.

sation d'un certain nombre d'ingénieurs, de dessinateurs, de mécaniciens, d'électroniciens avec leur laboratoire, et dans l'utilisation de certaines machines-outils; (3) une planification souple, constamment respectée en sorte que, grâce à la structure particulière du groupe, on a pu l'adapter sans cesse aux conditions changeantes des livraisons et aux résultats des essais.

L'étude du prototype, par exemple, s'est pendant longtemps poursuivie parallèlement à la fabrication et aux études techniques définitives, ces dernières incorporant progressivement les résultats obtenus par la première. Bien que cette solution ait inévitablement entraîné un certain gaspillage, elle s'est avérée la plus économique compte tenu du temps disponible et du contexte général du projet.

Les préparatifs vont maintenant bon train pour l'expédition du matériel à Serpoukhov qui ne va pas sans occasionner un problème délicat puisqu'il s'agit de démonter en grande partie et d'emballer soigneusement 120 tonnes d'équipement cubant 350 m<sup>3</sup>. Pour limiter le nombre des transbordements, les camions d'une compagnie soviétique prendront livraison au CERN de cet équipement pour le décharger à l'IPHE. Le transport prendra six semaines, les départs de camions se succédant au rythme de deux ou trois par semaine.

Le début du montage à Serpoukhov sera entrepris parallèlement. Un plan détaillant chaque opération a été dressé; on prévoit qu'il faudra trois mois pour démonter, emballer, et installer le tout à destination. Les deux derniers de ces mois seront synchronisés avec une longue période de fermeture de l'accélérateur. Au quatrième mois, l'accélérateur sera remis en service, mais le Groupe Ejection pourra sur demande accéder au tunnel de l'anneau en vue de terminer les essais d'ensemble avant les premières tentatives d'éjection prévues pour ce même mois.