

RAPPORT D'ACTIVITE DE LA DIVISION MACHINE DU SYNCHROTRON A PROTONS

1er janvier 1967 - 15 novembre 1967

I. Exploitation *)

La moyenne générale de l'intensité du faisceau accéléré a été de 86.1×10^{10} protons par impulsion. En enlevant les semaines 13/14 et 28/29 pendant lesquelles l'intensité était volontairement diminuée, cette moyenne devient 88.3×10^{10} protons par impulsion. Un effort sensiblement plus important serait nécessaire pour augmenter cette intensité, restée pratiquement égale à celle de 89.2×10^{10} , réalisée pendant l'année précédente.

Sur 5329 (5542) heures de fonctionnement de la machine, on a consacré 4188 (4391) heures à des expériences de physique dont 6.7 o/o (11.8 o/o) ont été perdues en raison de pannes. L'arrêt annuel prévu a été effectué du 17 avril au 15 mai.

Depuis Pâques, l'opération du synchrotron a suivi un schéma de trois semaines, au lieu de celui de deux semaines, commencé en novembre 1962. Ce nouveau mode d'opération, comportant deux périodes de sept jours pour la physique des hautes énergies, réduit du tiers le nombre de démarrages.

Des niveaux inattendus de radioactivité induite, dus à une perte de protons, en conséquence d'une efficacité d'éjection lente de 50 o/o, au lieu de la valeur théorique de 80 o/o, ont causé des dégâts, plus importants que prévus, aux aimants à septum, soulignant l'intérêt d'une grande efficacité d'éjection en cas d'opération à intensité élevée. De nombreuses études, entreprises sur les opérations d'éjection, ont permis d'améliorer la stabilité de l'éjection lente - accélérée pour la chambre à hydrogène de 2 m ainsi que la structure de l'impulsion d'éjection lente. L'efficacité de celle-ci a atteint 80 o/o pendant des essais, grâce à l'emploi d'une lentille à septum mince. Des résultats limités ont été obtenus lors des essais de partage simultané du faisceau entre l'éjection lente en section 62 et la cible interne en section 1. Ce travail continue, mais le programme expérimental est actuellement basé sur l'opération indépendante de la cible interne et de l'éjection.

II. Le Programme de Physique et le PS

La situation expérimentale dans la zone sud est restée assez stable, à l'exception de celle du faisceau q_3 de pions à basse énergie, divisé en deux branches, transformé en deux faisceaux indépendants q_4 et q_5 .

Quatre expériences d'électronique et une expérience de structure nucléaire dans le faisceau éjecté à 10 GeV/c, ont été terminées; quatre nouvelles expériences ont été installées.

*) Les statistiques citées correspondent à la période du 1er janvier au 12 novembre 1967. Les chiffres écrits entre parenthèses sont obtenus en omettant la période du 28 juin au 9 juillet, de panne de l'alimentation de l'aimant principal, pendant laquelle les paliers du groupe convertisseur ont dû être revisés à la suite d'un défaut de lubrification.

L'activité s'est concentrée dans la zone est, par la modification du faisceau de protons d'éjection lente p_3 . Le faisceau primaire et les deux faisceaux secondaires b_{13} et p_1 sont achevés ainsi que le faisceau neutre b_{14} ; les faisceaux p_2 et s_4 et leur équipement expérimental sont dans la phase finale de leur installation. Le faisceau e_3 comporte ainsi cinq faisceaux secondaires, ce qui a nécessité un travail considérable, notamment l'installation d'un nouveau bâtiment de redresseurs d'une capacité de 8 MVA, des câbles de puissance et d'un nouveau système de distribution d'eau. Les blindages installés, comprenant 1600 t de fer et 5000 t de béton, se sont révélés efficaces.

Les expériences et essais prévus ont été effectués, une expérience d'électronique et une expérience d'émulsions ont été menées à leur fin.

Le faisceau d_{22} partant de la cible 64 avait été démolé pour permettre les développements du faisceau e_3 et l'expérience correspondante transférée sur le faisceau d_{25} dans la zone sud.

Depuis l'arrêt annuel, les programmes expérimentaux ont nécessité plusieurs types d'opérations difficiles et complexes, amenant une perte de temps pour les expérimentateurs. Il est cependant possible de conclure à un succès avec l'exception importante d'un certain manque de photos par la chambre à hydrogène de 2 m lorsqu'elle fonctionnait avec le faisceau m_6 à partir d'une éjection de protons lente-accélérée.

III. Etudes et améliorations techniques du Synchrotron.

1. L'Accélérateur Linéaire

Le nouveau préinjecteur qui comporte une source duoplasmatron à plasma expensé et une colonne accélératrice à gradient élevé, a été fiable en opération et après une année de fonctionnement, l'inspection de la colonne n'a révélé aucune trace de cassure dans la porcelaine qui est restée en parfait état. Ceci est encourageant pour des injections possibles à plus hautes énergies. Il n'y a pas eu pendant cette année de modification importante de l'accélérateur linéaire. L'accent a été mis sur l'étude et l'exploitation de l'équipement actuel, par le moyen de mesures et de petites améliorations telles que de nouvelles unités de cadencement et de nouveaux stabilisateurs de chauffage des tubes de puissance. Un effort a été consacré à la digitalisation des paramètres de l'accélérateur linéaire et à l'acquisition de ceux-ci par l'ordinateur IBM 1800; une mesure automatique de l'émittance à 50 MeV est en préparation.

Dans le domaine des mesures des progrès ont été réalisés dans celle des paquets à 200 MHz; l'effet des quadripôles des tubes de glissement sur l'émittance à 50 MeV a été étudié et des mesures d'émittance après un tour dans le PS ont débuté.

L'injection sur plusieurs tours s'est poursuivie dans un cadre plutôt limité. Les modifications de l'accélérateur linéaire, en cours d'achèvement, faciliteront ces expériences.

2. Le Synchrotron

L'installation de l'ordinateur IBM 1800 et l'écriture d'un programme pilote ont permis le développement et l'exploitation d'une série de programmes de servitude pour le dialogue avec l'ordinateur. Après la mise en place de la première partie du système d'acquisition et de commande des paramètres digitaux et analogues, le système digital (STAR) transmet 70.000 mots de 16 bits par seconde, on a pu mettre au point les programmes d'enregistrement et de surveillance de certains groupes de données. Un programme d'optimisation de la position d'un faisceau éjecté sur une cible externe a été essayé avec succès.

Les éléments du système de mesure digitale de l'orbite fermée (CODD) correspondant aux vingt stations d'observation du faisceau, compactes, utilisées actuellement, ont été mis en service. L'appareillage permet de suivre la trajectoire d'un même paquet de particules autour du synchrotron, pendant un peu plus d'une révolution, et d'afficher en quelques millisecondes les mesures correspondant au cycle observé. Les premiers résultats ont pu être présentés à la conférence de Cambridge.

Un télémanipulateur, contrôlé à distance à l'aide d'un système de télévisions, a été installé dans l'anneau et plusieurs de ses applications ont été expérimentées.

Les dégâts causés par les radiations ont nécessité de prévoir quatre aimants principaux de réserve, dont le fer ainsi que les bobinages et les enroulements polaires ont été commandés. Deux modèles de joints métalliques pour le vide, adaptés à la géométrie actuelle de la machine, dont l'un de conception nouvelle, ont été installés dans l'anneau pour des essais de durée.

Parmi les réalisations, notons celles de nouvelles régulations des machines tournantes de type A, l'installation d'enroulements de culasse pour la déformation rapide de l'orbite à haute énergie, sur les unités 96, 97, 12 et 13; et parmi les études, mentionnons celle des dipôles rapides à haute énergie dont les spécifications ont été envoyées aux firmes intéressées, concernant 18 dipôles radiaux et verticaux combinés, ainsi que les alimentations pulsées correspondantes.

3. Les cibles et éjections

Les aimants d'éjection ont été rendus plus résistants aux radiations par l'emploi d'isolants spéciaux tels que l'oxyde d'aluminium.

Dans le cadre de l'amélioration de l'éjection lente, on a construit la première lentille à septum mince de 0.16 mm d'épaisseur (température du septum dans le vide, 140°C), dont le gradient de champ magnétique est 600 gauss par cm pour un champ au bord du septum de 400 gauss. Cette lentille a été installée en section 79 pour les essais d'efficacité d'éjection lente.

L'alimentation du quadrupôle d'éjection lente en section 62, peut fournir des impulsions de 1400 A, dont les défauts de forme ont été éliminés.

Un aimant pulsé, installé en aval de l'aimant d'éjection en section 58, corrige les trajectoires du faisceau d'éjection rapide par rapport à celles du faisceau d'éjection lente-accélérée.

Quant à l'aimant de déflexion à pleine ouverture, après les essais consécutifs au dépôt de cuivre sur les deux demi-aimants et les électrodes, l'aimant lui-même, les commutateurs et les commandes lente et rapide, sont terminés, la réception de l'alimentation à haute tension est effectuée. Les essais de l'ensemble du système en laboratoire, les connexions et installations dans l'anneau sont prévus pour l'année 1968.

En plus des calculs des éjections lente et rapide en section droite 16, vers les anneaux de stockage et la zone ouest, une éjection résonnante à 6.33 depuis la section droite 58 a été mise en projet, comme première étape de l'étude d'une éjection lente en parasite avec des cibles internes.

4. Les éléments de transport de faisceau

Les dégâts provoqués par les radiations sur les collecteurs d'eau en téflon et plexiglas des aimants du faisceau d'éjection lente ont nécessité d'une part l'installation de collecteurs en résine époxy et d'autre part le remplacement de deux lentilles dont les bobinages ont été endommagés par manque d'eau. Huit bobinages de

réserve ont été commandés pour les différents éléments. L'aimant à septupole de 1.5 m, les deux aimants de déflection de réserve de 1 m, et les deux quadrupôles de 1.2 m sont attendus pour le début de l'année 1968. Des nouvelles commandes ont été effectuées concernant 10 quadrupôles de 0.5 m, 3 aimants de déflection de 2 m de type C, et 4 quadrupôles de 0.25 m.

Quant aux quadrupôles à supraconducteurs (60 kG de champ maximum et 7.5 kG/cm de gradient pour une ouverture de 10 cm et une longueur de 0.75 m), le bobinage de leur premier pôle a été commencé après des essais satisfaisants à Culham du matériau supraconducteur proposé.

Le deuxième bâtiment comprenant 12 redresseurs d'une puissance totale de 1.5 MW est mis en service dans la zone est, de même que la première partie du troisième bâtiment comprenant 14 redresseurs nouveaux d'une puissance de 5 MW. Le débit d'eau a été porté dans cette zone de 250 à 400 m³ par heure. Notons aussi l'amélioration technique des régulations et des contrôles des génératrices de cette même zone.

La commande du matériel nécessaire pour l'augmentation, de 20 MW à 25 MW, de la capacité frigorifique des installations de refroidissement des zones expérimentales est en préparation.

IV. Projets d'amélioration du PS

a) Première étape

Le matériel électrique (groupes convertisseurs, mutateurs, salle de contrôle, équipements annexes) constituant la nouvelle alimentation de l'aimant principal a été installé au CERN dans sa presque totalité, à l'exception des éléments de filtrage. Les essais préliminaires commenceront à la fin du mois de novembre. Les modifications nécessaires pour porter à 3 MW la capacité du système de refroidissement sont en cours d'exécution.

Le générateur d'essai à haute fréquence, de 680 kW de crête, a été réceptionné. Il sera utilisé pour la mise au point des cavités à 19 MHz destinées au système d'accélération avec un taux de montée du champ magnétique plus élevé. Parallèlement l'interaction de cette cavité avec le faisceau a été observée et analysée en détail. Elle n'a pas d'effet sur le faisceau, par contre un faisceau de 10^{12} protons induit dans cette cavité non chargée, des tensions de l'ordre de 30 kV de crête, ce qui pour un faisceau de 10^{13} protons correspondrait à 300 kV de crête.

b) Deuxième étape

Le rapport sur le travail du groupe d'études pour l'amélioration du PS (deuxième étape) a été publié comme prévu en octobre 1967. Il porte sur le nouvel injecteur, les améliorations de l'accélérateur linéaire, l'utilisation du faisceau à haute intensité et sur le budget. Ce rapport a été soumis au Comité des Directives scientifiques du 15 novembre 1967 où il a été favorablement accueilli.

En ce qui concerne le nouvel injecteur, un synchrotron intermédiaire de 800 MeV, comportant 4 anneaux superposés de 25 m de rayon, a été proposé après l'étude des améliorations possibles des performances des anneaux de stockage à intersection. Les études détaillées des parties nouvelles ou critiques de ce projet ont apporté la conviction que leurs réalisations étaient possibles. Ces études ont porté notamment sur l'aimant à fonctions séparées, dont les profils ainsi que ceux des lentilles ont été déterminés; les caractéristiques et la synchronisation des systèmes HF individuels des quatre anneaux ont été aussi étudiées et un modèle du circuit d'accord de la cavité HF a été construit.

De même ont été approfondis les projets d'injection dans le synchrotron intermédiaire, d'éjection et de transfert des quatre faisceaux dans le PS; un modèle d'aimant de déflexion rapide est en construction, son alimentation est terminée.

Parallèlement l'état des études du bâtiment permet d'en envisager la construction dans un proche avenir.

L'amélioration proposée de l'accélérateur linéaire comporte d'une part l'allongement de l'impulsion et l'augmentation du taux de répétition et d'autre part le développement et la construction d'une nouvelle cavité numéro 1. Un nouveau programme de calcul des paramètres de la structure accélératrice a été appliqué au modèle Alvarez de 3 MeV dont la construction est très avancée.

Douze versions différentes du nouveau système de HF pour le PS, capable d'accélérer 10^{13} protons groupés en dix paquets avec un taux moyen, de montée du champ magnétique de 2.4 Tesla par seconde, ont été étudiées et comparées. Le choix s'est porté sur un système permettant également l'accélération de deutons et maintenant la possibilité d'injection directe dans le PS depuis l'accélérateur linéaire de 50 MeV. Il comporte 13 cavités identiques, fournissant 240 kV par tour. Les amplificateurs sont centralisés et seules les parties indispensables sont logées dans l'anneau du PS de manière à accroître la sûreté de fonctionnement et la facilité d'entretien.

L'étude de l'exploitation et de l'entretien du PS à intensité élevée a démontré que l'intensité devrait être limitée à une moyenne de $3 \cdot 10^{12}$ protons par seconde pour maintenir les niveaux de radioactivité induite à des valeurs acceptables pour le personnel travaillant dans l'anneau pendant les arrêts. Dans cette hypothèse de nombreux composants devraient être modifiés pour résister aux radiations et les techniques d'entretien développées.

L'utilisation des faisceaux à haute intensité dans les zones expérimentales devrait être bénéfique de deux façons pour les utilisateurs. Une intensité augmentée dans certains faisceaux faciliterait la réalisation d'expériences souffrant actuellement d'un manque d'intensité. De plus un nombre accru de protons permettrait de mettre en oeuvre plus d'expériences autour du PS. L'étude des problèmes d'un faisceau plus intense, de son partage et de son blindage n'a pas révélé de difficultés majeures.

Le budget total pour l'amélioration est estimé à 69.46 MF.

Edité par P.Lefèvre

Distribution: Personnel Scientifique et
Technique de la Division MPS