

COMPTE RENDU No. 77

DES SEANCES D'ETUDES SUR LE PS (MD) ET LE BOOSTER (ME)

Périodes No. VI et VII : du 22.10 au 23.12.1980

(Semaines 43 à 52)

RESUME

| | 4-6 Nov. | 14-16 Nov. | 2-4 Dec. | 19-20 Dec. | En // avec la physique |
|---|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------------------|
| 1. Injection 800 MeV | | | | | 4 |
| 2. Etudes pour l'accélération d'antiprotons | 10 | | 9 | | 18 |
| 3. Faisceau de production des antiprotons | | 10 | 8 | | 14 |
| 4. Injection et accélération des antiprotons | | | | 14 | |
| 5. Etudes pour LEAR | 5 | | | | |
| 6. Etudes sur palier à la transition | | | 5 | 8 | |
| 7. Ejection lente | | | 10 | | |
| 8. Tests d'opération et d'appareillages | 6 | 10 | 6 | | 16 |
| 9. Etudes Booster | 14 | 11 | 10 | 14 | |
| 10. Ajustements et entraînements | 5 | | | | |
| Total | 40 | 31 | 48 | 36 | 52 h. |

I. Effet des chambres en Inconel pour les septum bumpers d'injection 800 MeV

(4 heures, en parallèle avec la physique)

(M. Bouthéon, J.P. Potier)

On prévoit dans le PS le remplacement des chambres en céramique métallisée des septum bumpers d'injection 800 MeV par des chambres en Inconel, qui présenteront des avantages du point de vue mécanique et pour l'abaissement de l'impédance de couplage de la chambre à vide. Du point de vue injection, ces chambres présenteront deux inconvénients :

- introduction d'un délai des courants de l'ordre de 15 μ s; cela nécessitera un nouvel ajustement des instants de décharge des 4 alimentations par rapport à l'injection;
- un effet sextupolaire dû aux courants de Foucault .

C'est ce dernier effet qui a été étudié au cours de cette séance d'études. D'après les mesures effectuées sur ce type de chambre et d'après la répartition des septum bumpers d'injection, on a déduit que cet effet pouvait être simulé par un courant de 2 A dans un sextupôle normal en s.d. 02 pendant environ 2 ms après l'injection 800 MeV. On a mesuré l'effet d'un tel courant sur un faisceau injecté de $1,5 \cdot 10^{12}$ ppi, d'émittances $5,7 \pi$ mm.mrad en radial et $6,4 \pi$ mm.mrad en vertical à 1 GeV :

- la largeur de la bande d'arrêt sextupolaire $2Q_V + Q_R = 19$ est pratiquement doublée ($8 \cdot 10^{-5}$ au lieu de $5 \cdot 10^{-5}$)
- la largeur de $3Q_V = 19$ est plus que doublée ($2,5 \cdot 10^{-5}$ au lieu de 10^{-5});
- dû à la brièveté de ces élargissements, le grossissement du faisceau est très faible : de l'ordre de quelques pourcents pour le faisceau mesuré.

Avec ces résultats, le remplacement des chambres des septum bumpers d'injection semble acceptable, mais il est clair que l'accumulation de tels défauts conduirait à une détérioration des propriétés du PS.

II. Etude pour l'accélération des antiprotons

(37 heures, dont 18 en parallèle avec la physique)

(D. Boussard, E. Brouzet, R. Cappi, R. Garoby, J. Jamsek, H. Riege, G. Roux, J.P. Terrier, M. Van Gulik)

Après la mise au point de l'accélération sans boucle radiale, avec programme de fréquence très précis, on avait mis en évidence que la limite inférieure d'intensité accélérée provenait des PU utilisées pour la boucle de phase (voir compte rendu No. 76, chapitre II). Avec la mise à disposition, après le grand arrêt, de la PU résonante prévue pour la boucle de phase, on a pu procéder aux essais d'accélération de 3,5 GeV/c à 26 GeV/c d'un seul paquet de protons de faible intensité pour simuler l'accélération des faisceaux pilotes prévus de $10^9 \bar{p}$.

Les essais ont eu lieu avec un faisceau de faible intensité accéléré jusqu'à 3,5 GeV/c sur l'harmonique 20; après éjection des autres paquets en début de ce palier, on ne conserve qu'un seul paquet d'environ $2 \cdot 10^{10}$ p qui est alors recapturé sur l'harmonique 6 et accéléré jusqu'à 26 GeV/c. Le réglage de l'intensité de ce paquet accéléré sur $h = 6$ a lieu par rabotage vertical en fin du palier 3,5 GeV/c après la recapture. Après mise au point de l'ensemble de l'opération, on a pu abaisser progressivement l'intensité accélérée jusqu'à moins de $2 \cdot 10^8$ p, mesurée par le nouveau transformateur pour faibles intensités, par le transformateur le plus sensible qui était déjà à notre disposition et par la PU large bande longitudinale. L'accélération d'un paquet de 10^9 p est parfaitement reproductible d'un cycle à l'autre, en parallèle avec l'accélération normale sur $h = 20$ sur les autres cycles du supercycle.

En vue de la synchronisation future PS - SPS, nécessaire pour le remplissage du SPS en 6 impulsions successives, on a procédé ensuite à des essais de synchronisation à la fréquence de révolution sur une source externe, sur le palier à 26 GeV/c. Le jitter obtenu de ± 10 ns - ordre de grandeur prévu - a permis ensuite les essais avec un dispositif de synchronisation fine qui a amené le jitter à moins de ± 1 ns. Mais il s'est avéré que cette synchronisation fine dépendait fortement de l'intensité accélérée et que la synchronisation du paquet après raccourcissement par saut sur la phase instable présentait un jitter de ± 20 ns. Les essais seront poursuivis, après améliorations de l'électronique, pour atteindre

le but de $\pm 0,5$ ns avec le paquet raccourci à moins de 5 ns et indépendamment de l'intensité de ce paquet (entre 10^9 et 10^{11} p).

Une part importante du temps total de cette étude a été consacrée aux réglages préliminaires avec protons, avant les essais avec les anti-protons; l'impossibilité d'accélérer sans pertes en restant au centre de la chambre à vide (voir Chapitre VIII.2) a nécessité un réajustement du programme précis de fréquence durant ces réglages.

III. Faisceau de production des antiprotons

1. Addition verticale des anneaux Booster

(8 heures) (J.P. Delahaye, J.P. Potier, J.P. Riunaud)

Pour les faisceaux de production d'antiprotons (plus de 10^{13} ppi rassemblés en 5 paquets à 26 GeV/c), il est nécessaire de réaliser en opération l'addition verticale des anneaux Booster (mode 10 paquets) en parallèle avec la recombinaison verticale normale sur les autres cycles (mode 20 paquets). Pour cela, pendant le grand arrêt, une partie de l'équipement de la ligne de transfert PSB-PS a été modifiée (septum de recombinaison, dipôles de corrections, certains timings, etc...) ainsi que le logiciel de contrôle des quadrupôles d'adaptation à l'injection PS.

Le but de l'étude était la mise au point de l'injection du mode 10 paquets en PPM (Pulse to Pulse Modulation) à l'aide de ce nouvel équipement et de ce nouveau logiciel. Le temps pour réaliser cette mise au point a été beaucoup plus long que prévu, principalement à cause du comportement du nouveau système de contrôle particulièrement lent et erratique ce jour-là (certains contrôles impossibles, changements de valeurs de paramètres sans raison apparente, erreurs d'acquisition).

On a tout de même pu réaliser l'injection en mode 10 paquets de $8 \cdot 10^{12}$ ppi avec 10^{13} ppi présentés au point d'injection, en PPM, avec une bonne reproductibilité des changements de cycle à cycle des trajectoires de recombinaison et de l'adaptation transversale. On peut ainsi considérer que ce mode 10 paquets peut être utilisé en opération en parallèle avec le mode normal 20 paquets sur les autres cycles. Il faut toutefois mentionner que l'état actuel des moyens d'observation

dans la ligne de transfert (voir chapitre IX) ne permet pas un réglage optimisé de cette addition verticale et se traduit par des pertes supplémentaires dans cette ligne et à l'injection PS.

On se proposait ensuite d'étudier et de mettre au point, en parallèle avec la physique, l'accélération de ce faisceau et sa recombinaison longitudinale à 26 GeV/c. Malheureusement, une grille de mesure à l'injection est restée coincée en position intermédiaire (Sem Grid en s.d. 42) interdisant l'injection de faisceaux avec des grandes émittances verticales.

La mise au point complète en PPM, pour l'opération avec AA, du faisceau de production d'antiprotons sera donc reprise au début de la première période de 1981.

2. Recombinaison longitudinale et éjection rapide à 26 GeV/c
(24 heures, dont 14 en parallèle avec la physique)
(J. Boucheron, D. Boussard, E. Brouzet, R. Cappelletti, R. Garoby, J. Jamsek, A. Krusche, G. Roux, J.P. Terrier)

La recombinaison longitudinale à 26 GeV/c, nécessaire pour regrouper en 5 paquets les 2 groupes de 5 paquets diamétralement opposés (mode 5 paquets à partir du mode 10 paquets), a été progressivement améliorée des points de vue reproductibilité de l'instant de regroupement et diminution de l'écart d'énergie entre les 2 groupes de 5 paquets au moment de l'éjection.

Lors des premiers essais de recombinaison, on avait constaté un jitter de ± 2 ms de l'instant de superposition des paquets, ce qui était trop important par rapport aux besoins de l'éjection rapide de ± 1 ms. Ce jitter semblait dû au manque de reproductibilité de la montée de la tension RF sur les cavités utilisées sur les harmoniques 19 et 21. Une première amélioration avait été apportée par la mise au point d'un asservissement de l'écart de fréquence Δf entre les 2 groupes de 5 paquets, abaissant le jitter à ± 500 μ s et permettant ainsi une bonne reproductibilité de l'éjection rapide. Lors des premiers essais de production d'antiprotons au AA, il s'est avéré que pour les quadrupôles de focalisation du faisceau sur la cible de production, il était

nécessaire d'assurer une reproductibilité de $\pm 50 \mu\text{s}$. Un nouvel équipement a alors été développé, pour permettre l'asservissement de l'écart de phase entre les 2 faisceaux, durant toute la période de glissement de l'un par rapport à l'autre, à la phase d'un générateur de fréquence externe. On a pu ainsi abaisser le jitter de la recombinaison à $\pm 20 \mu\text{s}$, pour un faisceau de $5 \text{ à } 6.10^{12}$ ppi fourni au AA durant la production d'antiprotons. (Cette recombinaison n'a pu avoir lieu en opération qu'avec 2 anneaux Booster normaux, sans addition verticale, pour les raisons exposées en fin du chapitre précédent).

En ce qui concerne l'écart de fréquence entre les 2 groupes de 5 paquets au moment de l'éjection, il avait été fixé et réglé à environ $4 f_s$, soit 980 Hz, pour éviter une trop grande détérioration des paquets d'un groupe par les "buckets" de l'autre groupe. Ce Δf se traduit par un écart en position radiale moyenne d'environ 9 mm, mais par un écart presque 2 fois plus important au niveau du septum 16, dû à la différence de forme des 2 orbites fermées. Cet écart au niveau du septum a été minimisé par réglage à 0 de la chromaticité radiale et par ajustement des 2 orbites de part et d'autre de la position radiale centrale. Néanmoins, l'écart restait plus grand que prévu, se traduisant par une émittance radiale plus grande dans la ligne de transfert PS-AA. On a alors diminué progressivement l'écart de fréquence, de 980 Hz à 500 Hz; pour cette valeur, la détérioration des paquets au moment de l'éjection est très visible, et la longueur totale du faisceau éjecté est de 475 ns au lieu de 460 ns avec un écart de 980 Hz. C'est cet écart de fréquence qui a été utilisé pendant les essais de production d'antiprotons, se traduisant par une émittance radiale dans la ligne de transfert plus petite que celle prévue. A la demande du AA, cet écart sera à l'avenir réglé à 700 Hz, de façon à conserver une longueur totale d'impulsion de 460 ns.

Notons que pendant tous ces essais, on a pu juger la qualité et la reproductibilité de la recombinaison grâce à l'affichage video de l'évolution longitudinale de l'ensemble des 2 groupes de 5 paquets; ce moyen d'observation doit être implanté au MCR de façon permanente pour l'opération de production des antiprotons.

IV. Premier essai d'injection des antiprotons

La liste des personnes impliquées et le détail des essais effectués sont donnés dans le compte rendu PS/OP/MD 81-1.

Nous ne donnerons ici que les résultats obtenus :

- A partir d'une accumulation d'antiprotons au AA de plus de $5 \cdot 10^9 \bar{p}$, on a éjecté et essayé de transférer au PS 6 impulsions d'environ $10^9 \bar{p}$.
- Deux impulsions d'environ $5 \cdot 10^7 \bar{p}$ ont pu être détectées au PS grâce à la PU résonante de phase. Le signal détecté a duré environ 6 ms sur le palier à 3,5 GeV/c, correspondant au temps de dégroupage du faisceau injecté.
- Les renseignements obtenus et les réglages pouvant être effectués sans faisceau permettent d'envisager une accélération pendant le premier run de 1981.

Ce premier essai va permettre une mise au point plus systématique des prochains essais, notamment en ce qui concerne la façon de procéder, les réglages de l'impulsion formée au AA et de son éjection, l'instrumentation dans la ligne de transfert, les réglages RF pour l'accélération (voir le compte rendu PPC No. 26, PS/DL/Min. 81-1).

V. Mise au point du cycle de décélération de 3,5 à 0,6 GeV/c

(5 heures) (R. Bonzano, M. Bouthéon, R. Garoby, B. Godenzi, L. Henny, J.P. Riunaud, D. Rivalli)

Pour le projet LEAR, il est nécessaire d'étudier la décélération de 3,5 à 0,6 GeV/c sur l'harmonique 10 de faisceaux de faible intensité de protons, simulant les futurs faisceaux d'antiprotons.

Cette première séance était consacrée à un début de mise au point du cycle magnétique qui sera utilisé pendant ces essais : injection 800 MeV, palier à 1 GeV, palier à 3,5 GeV/c et décélération jusqu'à 0,6 GeV/c.

Une deuxième séance de mise au point, prévue en fin du dernier run, n'a pu avoir lieu faute de temps disponible (temps d'études raccourci pour les besoins de l'opération et des essais avec le AA). Elle aura lieu lors de la prochaine période.

VI. Etude sur un palier magnétique à la transition

(13 heures) (R. Cappi, J.P. Delahaye, K.H. Reich)

Les mesures complémentaires nécessaires sur le temps de dégroupage en fonction de $\eta = \frac{1}{\gamma^2} - \frac{1}{\gamma_{tr}^2}$ ont pu avoir lieu (voir compte rendu No. 76, chapitre III).

On a tout d'abord mis en évidence une erreur systématique dans les mesures antérieures, qui explique les temps beaucoup trop grands mesurés auparavant lorsqu'on s'éloigne de la transition.

Deux méthodes ont été employées pour mesurer ce temps de dégroupage : par appréciation directe du temps au bout duquel la tête d'un paquet a rejoint la queue du précédent et par analyse de l'évolution de la composante à la fréquence RF du signal de la PU large bande longitudinale. Pour cette dernière méthode, l'interprétation dépend de la distribution longitudinale à l'intérieur du paquet et cette distribution est déduite de l'observation du paquet. Les résultats obtenus par ces deux méthodes concordent bien entre eux et avec la théorie, confirmant un temps de dégroupage de l'ordre de 15 à 20 ms, pour un η de 5.10^{-3} . D'autre part, on a mesuré la variation de γ_{tr} en fonction de la position radiale, si γ_{tro} est la valeur au centre de la chambre, la loi de variation prévue est de la forme

$$\gamma_{tr} = \gamma_{tro} \left[1 - (0,5 + \alpha_2) \frac{\Delta p}{p} \right]$$

La valeur $\alpha_2 = 1,5$ calculée théoriquement correspond très bien aux mesures effectuées.

L'ensemble des résultats obtenus au cours des diverses séances d'études sur ce sujet va faire l'objet d'une présentation à la conférence de Washington en mars 1981.

VII. Ejection lente

1. Etude de spécifications pour un nouveau septum en s.d. 85
(5 heures) (N. Blazianu, M. Bôle-Feysot, C. Germain,
R. Gouiran, Ch. Steinbach, M. Thivent)

L'éjection lente 62 utilise en opération 4 septa en série : un septum électrostatique en s.d. 83, un septum magnétique mince en s.d. 85 et deux septa magnétiques en s.d. 61 et 62. Après le remplacement du septum magnétique mince en s.d. 85 par celui de réserve, se pose la question de la construction d'un autre septum de réserve. Le septum installé a une ouverture verticale de 30 mm et une épaisseur de 1,5 mm. Afin de diminuer si possible les contraintes mécaniques pour la nouvelle construction, une séance d'étude a été consacrée à des mesures sur les pertes et l'efficacité de l'éjection lente, afin d'en déduire l'ouverture verticale minimale et l'épaisseur maximale compatibles avec une bonne efficacité.

Les principaux résultats obtenus, qui devraient permettre de spécifier le nouveau septum à construire, sont :

- la largeur du trou dans le faisceau en s.d. 85 dû au septum 83 est de 1,5 mm pour 75 kV/cm et de 2,5 mm pour 96 kV/cm;
- les pertes de faisceau sont environ 2% sur le septum 85 et 5% sur le septum 83 dont l'épaisseur apparente est de 0,25 mm pour une épaisseur mécanique de 0,15 mm;
- par déplacement vertical du septum 85, on peut conclure que si son ouverture verticale est diminuée de 8 mm (22 mm au lieu de 30 mm), les pertes en s.d. 85 augmenteront de 0,4% du faisceau éjecté.

2. Calibration de la SEC^{*} 1 de l'éjection lente 62
(5 heures) (V. Agoritsas, N. Blazianu, J.P. Bovigny,
J. Haffner, Ch. Steinbach)

La première chambre à émission secondaire du transport de faisceau de l'éjection lente 62 (SEC 1) a été calibrée à nouveau, pour vérification périodique.

La méthode employée consiste à éjecter le faisceau en éjection rapide en s.d. 62 et à comparer le signal de la SEC à celui d'un transformateur de courant soigneusement calibré.

* SEC : Secondary Emission Chamber.

Le rapport des signaux, pour une observation d'environ 1 heure, a été de $0,97 \pm 0,02$, c'est-à-dire que l'on peut considérer la calibration de cette SEC 1 comme correcte.

Pour plus de détails, voir le compte rendu PS/EI/Min. 81-1.

VIII. Tests d'opération et d'appareillages

1. Tests et calibration du nouveau train B

(6 heures) (D. Cornuet, H. Dijkhuizen, I. Kamber, J.P. Riunaud, J.C. Thomi)

Après les modifications apportées aux atténuateurs d'entrée de chacune des 3 chaînes du nouveau train B pour pouvoir fonctionner avec un $\dot{B} > 2,5 \text{ T s}^{-1}$ dans la descente du champ magnétique (voir compte rendu No. 76, chapitre V.2), on a procédé comme prévu à un nouveau test d'accélération avec ce nouveau train.

Cet essai a parfaitement réussi et permis le réglage de l'accélération jusqu'à haute énergie dans les conditions normales d'opération.

Toutefois, ce nouveau train ne pourra être utilisé en opération qu'après transfert des programmes de contrôle de l'ordinateur TBMC (solution provisoire pour les études) à l'ordinateur d'opération PLS. Compte tenu des difficultés actuelles avec les programmes d'opération de cet ordinateur et du travail important qu'il reste à accomplir pour le rendre pleinement opérationnel, ce transfert du TBMC au PLS, et donc la mise en opération du nouveau train B, est repoussé de plusieurs mois. La décision sera prise en fonction de l'avancement de l'état du PLS.

2. Réglages pour retrouver la haute intensité

(26 heures, dont 16 en parallèle avec la physique)

Après le grand arrêt et après deux périodes de fonctionnement en opération avec l'injection 50 MeV, les spécialistes d'injection et d'accélération se sont efforcés de retrouver le plus haut niveau d'intensité accélérée possible à partir du faisceau fourni par le Booster réglé à travers le nouveau système de contrôle :

- a) Suite aux modifications du contrôle des éléments après le point d'adaptation de la ligne de transfert PSB-PS, de nombreuses heures ont été nécessaires pour réajuster l'injection 800 MeV, les câbles de contrôle de certains éléments ayant même été enlevés.
- b) Le réglage de la compensation de la charge des cavités durant toute l'accélération a été lui aussi réajusté.
- c) Il est apparu des pertes importantes durant toute l'accélération qui n'ont pu être minimisées qu'en accélérant le faisceau avec une position radiale vers l'extérieur de la chambre à vide. Les nombreuses investigations concordent pour conclure qu'il s'agirait d'un obstacle physique très fin dans la région 35 ou 36. L'ouverture de la chambre à vide dans cette région pendant l'arrêt n'a cependant pas permis de le décélérer.
- d) Le faisceau maximum fourni par le Booster n'était que de l'ordre de $1,4 \cdot 10^{13}$ ppi en fin de période VII, malgré les nombreuses heures passées à son ajustement par les spécialistes (voir chapitre IX). De plus, le mauvais état actuel des moyens d'observation dans la ligne de transfert PSB-PS (chapitre IX) se traduisait par des différences de positions radiale et verticale des 4 anneaux Booster à l'entrée du PS.

Dans ces conditions, la meilleure intensité obtenue à haute énergie dans le PS n'a été que de $1,05 \cdot 10^{13}$ ppi.

IX. Etudes Booster

All but 8 hours machine experiment time allocated to the Booster ring during runs VI and VII has been used by CO Group and/or the Booster Supervisors for testing and debugging the various branches of the new control system. This mainly for the urgent need to make any possible progress towards the completion of this system, the much more as with its present performance most experiments are not feasible anyway. The class of experiments less depending on the control system (e.g. investigation of longitudinal instabilities) but on the availability of very high intensities $> 1.8 \cdot 10^{13}$ p/p could not be done either because this high intensity has not been achieved up to now. Hence there is only one experiment to be reported here:

Test of the 16 newly installed transfer pick-up's: analog signals/
calibration/digitilization

(8 hours) (J.P. Delahaye, M. Le Gras)

Analog signals: signal quality was found satisfactory in the BCER for 10 out of the 16 pick-up's. (This is explained by the installation of unsuitable cables (manufacturer's fault) for the remaining six.)

Noise level equivalent to $0.5 \cdot 10^{12}$ p mm. Unfortunately, the transmission via SOS* of the good signals suffers from source crosstalk completely swamping the useful signals (some noise is seen on sum and on difference signals). Moreover, the noise depends on the route taken inside the SOS.

Calibration: it was found that all signals were inverted and by 15 to 30% too small.

Digitized positions: found to be correct for PU's 4Ø, PØØ, P1Ø, P2Ø, P3Ø in both horizontal and vertical planes. The PU's SØØ, I1Ø, S1Ø, S2Ø, I2Ø and I3Ø showed wrong and fluctuating positions, sometimes zero, sometimes saturated. The nature of this fault could not be elucidated during the ME.

With all the missing PU signals and digitized positions, only a very coarse setting of the transfer line could be done with help of the TV screens.

E. Brouzet
H. Schönauer

* SOS : Signal Observation System: newly installed with the new control system.

Distribution

Liste PS/14
Personnes mentionnées

/ed