

COMPTE RENDU No. 76

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

Périodes No. IV et V : du 2 juillet au 24 août 1980

(Semaines 28 à 34)

RESUME

| | <u>9-10</u> <u>juillet</u> | <u>19-20</u> <u>juillet</u> | <u>22-23</u> <u>août</u> | <u>En parallèle</u> <u>avec la physique</u> |
|--|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|
| 1. Injection 50 MeV | | 3 | | |
| 2. Etudes pour l'accélération d'antiprotons | | | 8 | |
| 3. Etude sur palier à la transition | 8 | | | 10 |
| 4. Transfert continu | | 4 | | |
| 5. Tests d'opération et d'appareillages | 12 | 3 | 20 | |
| 6. Etudes Booster | | 20 | | |
| 7. Ajustements et entraînements | 1 | | | |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 21 h | 30 h | 28 h | 10 h |

I. INJECTION 50 MeV AVEC LE NOUVEAU LINAC

(3 heures) (L. Bernard, M. Bouthéon, J.P. Potier, G. Rossat, C. Saulnier)

Le but de cette courte séance était simplement de remettre au point l'ensemble des réglages pour une injection multitour correcte dans le PS à partir du faisceau du nouveau Linac, cette injection devant être utilisée en opération pendant la période suivante.

En l'absence de "Head-clipper" qui aurait permis une étude plus fine à partir d'un faisceau Linac bien défini, les réglages ont été optimisés sur un empilement maximum dans le PS, permettant d'espérer en opération une intensité d'au moins 10^{12} ppi.

II. ACCELERATION DES FAIBLES INTENSITES

(8 heures) (R. Garoby)

Avec le faisceau injecté à 50 MeV, on a pu tester l'accélération depuis cette énergie jusqu'à 26 GeV/c sans boucle radiale, à l'aide du programme précis de fréquence déjà mis au point (voir compte rendu No. 73, § III et No. 74, § II). On a pu constater que cette boucle de fréquence fonctionne correctement sur cette gamme d'énergie, mais qu'il est nécessaire d'optimiser le programme de fréquence selon le cycle magnétique employé.

On a ensuite recherché la limite inférieure d'intensité que l'on peut accélérer avec le beam control sur l'harmonique 20 actuel; cette limite est de $4 \cdot 10^{10}$ ppi et provient du signal RF résiduel présent sur les PU de la boucle de phase, indépendamment de l'utilisation de la boucle radiale ou de la boucle de fréquence. Après des améliorations dans la boucle de phase et en utilisant comme détecteur la PU large bande (SD 92) on a pu descendre cette limite à $0.6 \cdot 10^{10}$ ppi.

Pour l'accélération des faibles intensités d'anti-protons (et les tests avec les protons) sur l'harmonique 6 il est prévu une PU de phase résonante qui permettra d'abaisser nettement cette limite.

Par contre pour leur décélération sur $h = 10$ qui couvrira une plage de fréquence importante, excluant l'emploi d'une PU résonante, il faudra utiliser la meilleure PU longitudinale disponible avec, si possible, réjection des signaux résiduels à la fréquence RF.

III. ETUDE SUR UN PALIER MAGNETIQUE A LA TRANSITION

(18 heures, dont 10 en parallèle avec la physique)
(R. Cappi, J.P. Delahaye, K.H. Reich)

Lors d'une séance précédente, on avait mis au point une méthode pour amener rapidement (moins d'1 ms) le faisceau à l'énergie de transition à l'aide du système de "γ transition jump" (voir compte rendu No. 75, § IV). La vitesse d'approche de la transition n'ayant pas paru critique, et cette méthode introduisant de trop grandes perturbations des paramètres de la machine, on a mis au point une autre façon d'opérer, consistant à approcher, sur le palier magnétique, le faisceau près de la transition en quelques ms par variation de la position radiale.

Cette méthode a très bien fonctionné et a permis de mesurer plusieurs paramètres caractéristiques du faisceau en fonction de η ($= \frac{1}{\gamma^2} - \frac{1}{\gamma_{tr}^2}$), le but étant de vérifier la validité des lois de variation de ces paramètres à l'approche de la transition :

- fréquence synchrotronique f_s , avec des oscillations de phase déclenchées par variation brusque de la tension RF; les mesures concordent parfaitement avec la théorie
- variation de la fréquence RF d'accélération pour une variation donnée de la position radiale; là aussi on trouve un très bon accord avec la théorie
- temps de dégroupage après coupure de la RF; c'est en fait le paramètre important pour l'accumulateur du projet de Jülich où l'on envisage de fonctionner à la transition

pour pouvoir injecter un grand nombre de pulses successifs (temps total ~ 1 ms), tout en conservant un trou longitudinal permettant l'éjection avec un minimum de pertes. On trouve très près de la transition ($\eta \sim 5.10^{-3}$) un temps de dégroupage d'environ 40 ms, proche de la théorie; par contre on trouve des temps beaucoup trop grands lorsqu'on s'éloigne de la transition.

On a ensuite étudié le comportement du faisceau lorsqu'on s'approche de la transition par en dessous :

- Si l'ensemble du faisceau est en dessous de la transition il n'y a aucune perte ni instabilité, même avec 10^{13} ppi; c'est dans ces conditions que l'on a pu mesurer les caractéristiques précédentes
- Si une partie du faisceau est au delà de la transition, il y a apparition d'instabilités longitudinales micro-ondes, violent dégroupage et perte partielle ou totale du faisceau suivant son intensité; ce comportement peut bien s'expliquer par la théorie d'instabilité de masse négative et les mesures de $\frac{Z}{n}$ au PS.

Il semble donc que l'on puisse conserver des faisceaux stables proches de la transition, même à haute intensité, à condition que l'ensemble des particules soit en dessous de la transition; mais le critère d'instabilité impose un éloignement de la transition de plus en plus grand lorsqu'on augmente l'intensité et le temps de dégroupage diminue rapidement en fonction de cet éloignement, ce qui diminue de plus en plus l'intérêt de la méthode. Des mesures complémentaires sur le temps de dégroupage en fonction de η semble donc nécessaires.

IV. TRANSFERT CONTINU

(4 heures)

(H. Dijkhuizen, D. Fiander, D. Grier, L. Henny, A. Krusche)

Le but de l'étude était de mieux comprendre, et si possible de diminuer, les pertes apparaissant en SD 75 lors du transfert continu en 2 et 3 tours à l'aide du nouvel équipement (voir compte rendu No. 75 § V).

On pense que ces pertes sont dues au manque de place vers l'intérieur de la chambre pour le faisceau déplacé par les nouveaux "fast bumpers", la chambre étant de dimensions normales en cette section où le déplacement d'orbite est important. On a donc essayé de minimiser l'amplitude nécessaire de déplacement d'orbite et aussi de déformer localement l'orbite naturelle en cette section pour diminuer les pertes observées, mais sans résultat.

Après avoir constaté qu'une partie du faisceau déplacé présentait de grandes oscillations, on a procédé à un meilleur ajustement du timing relatif entre les deux dipôles rapides, ce qui a eu pour effet de diminuer la perte par un facteur 2. Il n'y a pas eu ensuite assez de temps pour reprendre les investigations sur l'orbite.

V. TESTS D'OPERATION ET D'APPAREILLAGES

1. Essai de cyclage rapide du PS

(12 heures)

Cet essai a demandé la collaboration d'un grand nombre de personnes, dont on donne la liste ainsi que les détails de l'étude dans la note PS/EI/Note 80-7.

Le but était d'accélérer et d'éjecter le faisceau haute intensité en transfert continu à 10 GeV/c, sur des cycles PS rapides de seulement 830 ms correspondant à la limite supérieure imposée par les Services Industriels (limite inférieure qui sera essayée ultérieurement ; 650 ms). Le nouveau train B, nécessaire pour ces cycles rapides, a été utilisé. Le Booster fonctionnait à un rythme normal et l'injection dans le PS n'avait lieu que tous les 2 cycles.

Après les nombreux ajustements et recherches de fautes inhérents à ce genre de changement fondamental d'opération, on a pu éjecter en transfert continu environ $1.5 \cdot 10^{13}$ ppi avec une efficacité de 98 %, ce qui montre la possibilité de fournir au SPS des faisceaux haute intensité en cyclage rapide. D'autres essais seront néanmoins nécessaires pour rendre cet ensemble opérationnel.

2. Tests du nouveau train B

(12 heures)

(J. Bleeker, H. Dijkhuizen, R. Gouiran, I. Kamber, R. Ley, J.C. Thomi)

Ces tests avaient pour but, d'une part de s'assurer que les trois chaînes de génération du train B fonctionnaient correctement et pouvaient être opérationnelles dès le démarrage du PS et, d'autre part, d'étalonner ces nouveaux générateurs en établissant des tables de correspondance Ancien train - Nouveau train.

Il est apparu que les valeurs des atténuateurs à l'entrée de chacune des chaînes devaient être modifiées pour pouvoir fonctionner avec un $\dot{B} > 2.5$ T/s dans la descente du champ.

Ces atténuateurs sont maintenant en cours de modifications et des tests sont prévus avant le démarrage pour établir les tables de correspondance Ancien train - Nouveau train, après cette modification.

Les trois chaînes de générateur seront donc opérationnelles pour le démarrage du 22 Octobre. Celui-ci se fera néanmoins avec l'Ancien train et le passage sur le nouveau train pourra être réalisé plus tard lorsque les conditions seront favorables.

3. Mesure des profils transversaux

(11 heures)

(V. Agoritsas, J.P. Bovigny, E. Marcarini, G. Martini, C. Steinbach, M. Van Rooij)

Lors d'une première séance on a mesuré, à différentes énergies et intensités, les niveaux des signaux d'un compteur

à scintillateur, installé près d'une cible à fil de tungstène, pendant la traversée du faisceau par ce fil. Les signaux obtenus sont assez élevés pour en conclure qu'il sera possible d'étudier les profils transversaux du faisceau avec un tel système, sur toute la gamme d'énergies et d'intensités du PS.

On a ensuite mesuré, pendant une autre séance, des profils verticaux à 4 énergies différentes (3,5; 6; 12 et 20 GeV/c) à l'aide d'un fil de carbure de silicium de diamètre 100 μ traversant le faisceau à la vitesse de 2.5 m/s. Les mesures ont été effectuées sur des faisceaux d'intensité croissante, de $15 \cdot 10^{10}$ à $1.6 \cdot 10^{12}$ ppi, sans détérioration du fil. Deux méthodes ont été employées pour l'analyse des profils : par mesure du courant d'électrons secondaires créés dans le fil et par la réponse d'un scintillateur placé à proximité.

On a pu vérifier que, du fait de la grosseur du fil et de la vitesse relativement faible du déplacement, la diffusion multiple est importante, surtout à basse énergie, excluant des mesures précises des profils. Toutefois, une comparaison avec la cible de mesure, en utilisant seulement la première moitié du profil, donne un assez bon accord et confirme les résultats encourageants obtenus l'an dernier (voir PS/DL/Note 78-8). Pour que l'effet de la diffusion multiple devienne négligeable, il faudra diminuer le diamètre du fil et augmenter d'un facteur 10 la vitesse de déplacement. Cette augmentation de vitesse permettra aussi d'éviter le phénomène "d'avalanche" thermo-ionique qui, pour les faisceaux de haute intensité à haute énergie, se traduit par une augmentation brutale du signal.

Les essais à l'aide du scintillateur ont montré que le signal obtenu ne provient pas uniquement des particules secondaires fournies par le fil, particulièrement à basse énergie.

Pour plus de détails sur cette étude voir le compte-rendu PS/OP/MD 80-7.

VI. ETUDES BOOSTER

1. Performance of ring 3 without aperture restriction

(ca. 30 h in parasite) (J.P. Delahaye, L. Magnani)

A recent proposal (J.P. Delahaye, CERN/SPS/DI (MST)/80-7 or PS/BR Note/80-10) pointed out that the SPS could profit from higher intensity obtained in larger emittances. The ME was performed to check whether the Booster can actually produce the intensity increase as predicted by straightforwardly plugging the larger emittances into the Laslett Q shift formula. For this sake the Beamscope collimator (also serving for loss concentration) had been removed during the last shutdown, thus providing the natural (normalized) acceptances $A_H^* \times A_V^* \approx 178\pi \times 47\pi$ instead of the restricted ones ($100\pi \times 31\pi$ mm mrad). In order to achieve the envisaged unusually high intensities, not only the full armoury of transverse measures (enhanced skew-injection, vertical missteering, steep injection kicker slope) had to be used: in fact, the record intensity of 7×10^{12} ppp/ring accelerated to 800 MeV was possible only after optimization of adiabatic capture and increase of RF voltage from (less than) 12 kV to 14 kV. The latter demonstrates that we are hitting the longitudinal acceptance limit right now with top operational performance.

Comparing 7×10^{12} ppp to reference performances obtained with aperture restriction (5.8×10^{12} ppp) one notes 20% increase whereas the increased emittances observed should permit a gain of 36%. Possible limiting factors could be: (i) a less good transverse distribution (could not be checked without Beamscope), (ii) beam loading instabilities, and (iii) the longitudinal acceptance limit again.

Potential marges for further intensity increases can be found by (i) multiturn injection arranged as to produce larger horizontal emittances, and (ii) improving the vertical closed orbit (at present c.o. amplitudes attain about 4 mm).

The result of the ME suggests that some 30% of gain seem possible if the full aperture of the Booster is made available.

2. Study of the working region around $Q_H = 3.3$, $Q_V = 5.4$ in ring 3

(8 hours) (J.P. Delahaye, H. Schönauer)

Remember that this working region was retained as the most promising one except the present (cf. C.R. nos. 62 through 74): theoretically, up to 11% more particles can be accepted for the same vertical Q-shifts. A first attempt to verify this prediction however failed (C.R. no. 74). As an explanation it had been suggested that (due to the low Q_H) the unusually large momentum compaction function increases the overall horizontal beam size such that the horizontal Beamscope aperture becomes the limiting element. For this reason the experiment described in C.R. no. 74 was repeated with a horizontally enlarged Beamscope aperture of 90 mm width instead of the usual 70 mm.

In spite of a series of machine faults, some of them typical for end-of-a-run experiments (STAR racks switched off, both VARIANs failed ...) an injection optimized in a hurry, a gain in intensity of 14% with respect to top performance on normal working point was achieved. The emittances measured were larger than usual, in particular in the horizontal plane (+ 20%). With these emittances, 7% more protons could have been accommodated within the same (vertical) space-charge detuning even in the present working region, so to be cautious one should not ascribe more than 7% gain to the merits of the new region. However it should be mentioned that $2Q_H + Q_V = 15$ is compensated in normal operation, whereas compensation of its homologue $2Q_H + Q_V = 19$ could not be attempted for lack of time. On the other hand the experiment benefitted from the slightly upgraded RF system (14 kV) as set up for the full-aperture experiment described above.

3. Tests on beam loss monitors

(4 hours) (V. Agoritsas, J.P. Bovigny, B. Frammery)

21 out of 25 foreseen BLM's have been installed :

- 2 with injection line
- 4 at cross-over
- 12 in the ring
- 3 in the transfer line.

The remaining four BLM's are going to be installed in 9L1 straight section, downstream of the targets. Signal shapes and levels have been recorded for moderate intensities of about $1.5 \cdot 10^{12}$ p/p ring. The following facts emerged:

- the quality of the integrated signals is all right for the BLM's in the injection line and in the ring
- in the transfer line, where bunch-to-bunch resolution is of interest, the direct (terminated) signals have to be used, whose bandwidth is more than 10 MHz, but their level is too low to allow direct observation
- contrary to at higher energies, spatial resolution (between rings) at 50 MeV is fair: neighbour ring's BLM in general exhibit 3 to 4 times less signal strength than those of the ring concerned.

As a conclusion, it is suggested that

- two of the BLM's at cross-over will be used for observation of injected beam, the two others for the ejected one
 - the four injection monitors will integrate the signals between WBB and WBB + 200 μ s
 - the 16 ring BLM's will integrate between WIØ and EFT
 - the five transfer monitors require the construction of signal adapters in order to make use of their intrinsic bandwidth
 - further development will be made once the BLM signals are acquired by the SOS. Hence 20 LF and 5 HF SOS channels should be foreseen.
4. Measurement of coasting beam longitudinal beam transfer function:
Comparison of sweeping network analyser with dual channel FFT processor

(7 hours in parasite) (F. Pedersen, H. Schönauer)

As a step towards the specification of a future BTF-measurement system for the PSB, two methods have been compared:

- i) the "classical" measurement by sweeping network analyzer (HP 8505 A) with sinusoidal excitation
- ii) broadband noise excitation and dual channel FFT of the beam response and the reference noise, done in a HP 3582 A spectrum analyzer. Since the HP 3582 A covers only the base band 0-25 kHz, its built-in noise source had to be heterodyned up to a suitable spectral line of the beam, in occasion the 21th harmonics of the revolution frequency. The inverse heterodyning is applied to the beam response which is mixed down to the base band.

A priori, method (ii) appears preferable for several reasons:

- the duration of the measurement is much shorter (here 5 ms and 200 Hz resolution as compared to 100 ms for 500 Hz resolution with the sweeping network analyzer)
- the beam is less sensitive to noise excitation, i.e. higher excitation levels can be applied
- from the FFT spectra a "coherence function" can be calculated allowing to check the validity of the response in presence of background noise and coherent signals.

On the other hand, if no device suitable for all measurements can be purchased on the market, a substantial amount of development of hard- and software is required, complicated by the need to avoid mirror frequency and aliasing errors.

The results obtained on 50 MeV flat top showed:

- substantial agreement between both methods at low beam intensity. FFT signals were fairly noisy and an average over 8 cycles had to be taken. In a later off-line experiment F. Pedersen could demonstrate that (a) in the conditions of the experiment the diode mixers were partially saturated and that (b) single-shot spectra should be feasible in principle with a periodic noise source. This could also explain the rather low coherence function recorded.
- FFT measurements work also right after injection, where measurements with the sweeping network analyzer are not possible due to its slowness.
- FFT measurements allow high excitation levels, though without improvement in signal quality (saturation ?) but visible suppression of coherent (filamentation) signals.
- The sweeping N.A. ceases to produce intelligible signals above $N \simeq 2.5 \cdot 10^{12}$ p/p ring, whereas the FFT processor continued to work up to $3.1 \cdot 10^{12}$ p/p ring, which was the maximum intensity available this day. Again there was evidence for filamentation noise.

As a conclusion one can say that the FFT method promises decisive advantages, which justify the effort for building a suitable device. The development seems necessary because none of the commercially available

models provides the base band width of 250-300 kHz necessary for transverse BTFM and desirable for speeding up the longitudinal BTF measurement. Note that the latter is an indispensable ingredient for all experiments with special linac energy distributions.

E. Brouzet

H. Schönauer

Distribution :

List PS/14
Personnes mentionnées