

COMPTE RENDU No. 48

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

Période du 6 octobre au 14 novembre 1976

(Semaines 41 à 46)

RESUME

	<u>6-7</u> <u>Oct.</u>	<u>12-13</u> <u>Oct.</u>	<u>26-27</u> <u>28 Oct.</u>	<u>13-14</u> <u>Nov.</u>	<u>En parallèle</u> <u>avec la</u> <u>physique</u>
1. Injection Booster		8	5		
2. Système PFW provisoire	(4)*	(8)*	14+(6)*		18
3. Transfert continu	6	8	6		
4. Pertes à basse énergie		5			18
5. Réglages pour la haute intensité		8			5
6. Etude sur le grossissement longitudinal contrôlé			7		28
7. Tests d'équipement	(2)*			14**	
8. Etudes Booster		16	16	28	
9. Démarrage, ajustements et entraînements	6	3			
	<u>12+(6)*</u>	<u>48+(8)*</u>	<u>48+(6)*</u>	<u>28+(14)**</u>	<u>69 h.</u>

* Etudes sur les cycles 26 GeV/c, en parallèle avec le réglage du transfert continu pour le SPS sur les cycles 10 GeV/c.

** Tests effectués dans le PS, en parallèle avec les études Booster.

I. INJECTION 800 MeV DE 10 PAQUETS RECOMBINES VERTICALEMENT

(13 heures) (M. Boutheon, P. Lefèvre, J.P. Potier, J.P. Riunaud)

Les trajectoires dipolaires de chacun des faisceaux de 10 paquets ont été calculées et vérifiées lors du ME 150a) (voir VIII-4). Ces trajectoires, avec des réglages correspondant à des petits faisceaux (émitance verticale de 8π), permettent une injection presque optimale.

L'adaptation, calculée avec des valeurs théoriques ramenées au point d'adaptation (centre de TU2) présente quelques difficultés à réaliser. Elle sera améliorée avec l'utilisation de données expérimentales issues de mesures dans la ligne 800 MeV et, ensuite, de comparaisons entre les SEM grids PS et les SEM grids de la ligne de mesure à 800 MeV.

Il apparaît déjà qu'une partie des pertes aux premiers tours avec des faisceaux plus gros disparaîtra lorsque l'adaptation sera optimisée, mais la limite due à l'acceptance verticale du PS devra être explorée avec des faisceaux verticaux plus gros.

II. SYSTEME PFW PROVISoire

La mise en opération des systèmes à 3 courants sur le cycle 26 GeV/c a posé plus de problèmes que prévu, en particulier il a été nécessaire de procéder à un réajustement fin des 3 programmations pour retrouver les valeurs des courants déjà déterminées; il a enfin été possible de laisser le nouveau point de fonctionnement en opération après la troisième séance d'étude du run.

II-1. Programmation sur l'ensemble du cycle 26 GeV/c

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

(E. Brouzet, R. Ley, V. Schou)

Pour de nombreuses raisons (reproductibilité des GFA, reproductibilité des courants pour une même programmation, reproductibilité de la correspondance train C - train B selon le supercycle magnétique employé), les courants obtenus avec la programmation mise au point début août ont varié, et il a fallu réajuster les 3 programmations. En particulier,

la descente de 26 GeV/c à 24 GeV/c a été difficile à régler (courants induits par le champ principal) ainsi que le retour en début de palier 24 GeV/c aux valeurs ordinaires des PFW pour la SE 62.

Afin d'atténuer l'influence des variations dans la correspondance train C - train B, nous avons supprimé tous les vecteurs d'amplitude nulle en début de fonction et fait démarrer les 3 fonctions avec une impulsions B. Lorsque cette programmation a pu enfin être laissée en opération, il a été possible de procéder à de nombreux réglages fins tout au long de l'accélération.

Après tous ces réglages, les valeurs des 3 courants ont été à nouveau relevées en de nombreux points du cycle; la reproductibilité de ces courants doit être souvent surveillée, afin de garantir au faisceau d'opération les qualités apportées par ce nouveau point de fonctionnement; mais cette surveillance est très pénible et prend beaucoup de temps avec les moyens de contrôle actuels.

II.2. Mise au point des FE's

(14 heures, en parallèle avec le réglage du transfert continu)
(J. Boillot, R. Ley, J.P. Riunaud, V. Schou)

Le point de fonctionnement, réglé à (6.23; 6.31) par le système PFW, a été ramené à (6.28; 6.31) au moment des FE 58 et 74, à l'aide des circuits Q_F et Q_D .

De nombreuses heures ont été perdues pour le réglage de la deuxième FE 58, dû à la non-reproductibilité des courants PFW dans la descente 26 GeV/c - 24 GeV/c qui se traduisait par de très mauvaises qualités de faisceau en début de palier à 24 GeV/c.

Après les réglages mentionnés en II-1, il a été possible de régler les FE 58 et 74 avec des efficacités normales, ainsi que la FE 16 à 26 GeV/c avec les paramètres d'éjection déjà déterminés début août. On a constaté une parfaite égalité des 2 FE 58 (dans la montée du champ et en début de palier) alors que jusqu'à présent, il y avait des difficultés pour régler ces 2 FE au point de vue centrage sur la cible de production.

II-3. Mise au point de la SE 62

(10 heures, dont 4 en parallèle avec le réglage du transfert continu) (Ch. Steinbach, V. Schou)

Le problème le plus délicat et le plus long à résoudre a été celui du passage simultané des 3 courants PFW aux valeurs voulues, combiné avec la montée du courant dans le Booster quadrupôle.

Il a ensuite été possible de régler la SE 62 avec une efficacité correcte, en ayant établi sur le palier le point de fonctionnement utilisé jusqu'ici.

III. TRANSFERT CONTINU

(20 heures) (J. Boillot, D. Fiander, A. Krusche, G. Schneider)

Avec le nouveau fonctionnement quasi continu du SPS à partir de la fin de chaque séance d'étude du PS, il est nécessaire de consacrer les dernières heures en fin de séance pour le réglage du transfert continu sur les cycles 10 GeV/c; des études ont alors lieu en parallèle sur les cycles 26 GeV/c, mais avec une priorité moindre.

Ces réglages ont eu lieu soit en monopulse, soit en double pulse avec une efficacité de l'ordre de 95%. L'éjection en double pulse, avec une intensité accélérée de l'ordre de $9.5 \cdot 10^{12}$ protons pour chacun des cycles, a permis au SPS d'accélérer l'intensité record de 10^{13} ppp à 400 GeV/c.

IV. PERTES A BASSE ENERGIE

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

(D. Boussard, M. Bouthéon, E. Brouzet, P. Lefèvre, J.P. Potier)

Dès le début de ce run, des pertes erratiques se sont manifestées à basse énergie, dès l'injection et jusque vers 1000 Gauss, même avec une intensité de 10^{12} ppp.

De nombreuses investigations ont eu lieu, tant dans le plan transversal que dans le longitudinal, mais il n'a pas été possible d'en

déterminer la cause ni de les relier à un phénomène quelconque.

Il est d'aurant plus difficile de les étudier qu'elles sont fortement non-reproductibles d'un cycle à l'autre, disparaissent parfois complètement pendant plusieurs heures ou même plusieurs jours (voir § V) et reviennent tout aussi brutalement qu'elles ont disparu !

L'ensemble des observations permet de dire que ces pertes ne semblent pas s'accompagner d'un grossissement longitudinal ni transversal, et pourraient être expliquées par l'excitation erratique de stopbands sextupolaires. Les investigations se poursuivent pour trouver l'éventuel élément pouvant provoquer ces excitations et devront certainement se faire aussi avec la machine nue, après avoir arrêté tous les éléments auxiliaires utilisés en opération.

V. REGLAGES POUR LA HAUTE INTENSITE

(13 heures, dont 5 en parallèle avec la physique)

(D. Boussard, M. Boutheon, E. Brouzet, R. Cappi, B. Frammery, P. Lefèvre, J.P. Potier)

Après réglage de la haute intensité au Booster ($\sim 1.4 \cdot 10^{13}$ ppp dans les émittances nominales), on a repris l'étude des phénomènes limitant l'intensité lors du dernier run (voir compte rendu No. 47, § IV).

L'orbite à l'injection 800 MeV ayant retrouvé une amplitude correcte (pourquoi ?), on se proposait d'étudier principalement les oscillations longitudinales avant transition, avec la haute intensité. Mais l'étude a été perturbée par le phénomène des pertes erratiques à basse énergie décrit au § IV, et s'est partiellement transformée en étude sur la cause de ces pertes.

Brutalement, ces pertes ont disparu au cours de l'étude; on a pu constater, alors, que les oscillations longitudinales avant transition étaient moins violentes que lors du run dernier, et on a pu accélérer sans problème la haute intensité, en obtenant un nouveau niveau : $1.2 \cdot 10^{13}$ ppp après transition, pour 1.4 ppp injectés à 800 MeV. Avec cette intensité, il y avait environ 10% de pertes après transition,

certainement dues à l'instabilité de masse négative avec un trop grande densité longitudinale au moment de la transition. Plus de 10^{13} ppp étaient alors éjectés en transfert continu sur la dump D2.

En ce qui concerne les oscillations longitudinales avant transition, on a essayé de les calmer en accordant une des cavités RF soit sur le 19ème, le 11ème ou le 10ème harmonique, afin de créer des différences de fréquence synchrotronique entre les divers paquets, mais cette méthode n'a apporté aucun résultat. Le seul effet stabilisateur constaté a été avec le 10ème harmonique, mais uniquement pour les oscillations longitudinales sur le palier à 10 GeV/c.

VI ETUDE SUR LE GROSSISSEMENT LONGITUDINAL CONTROLE

(35 heures, dont 28 en parallèle avec la physique)

(D. Boussard, M. Boutheon, E. Brouzet, J. Jamsek, P. Lefèvre,
R. Paredes, J.P. Potier, G. Roux)

Le but d'un grossissement longitudinal contrôlé à basse énergie, ainsi que la méthode pour l'obtenir à l'aide de la cavité 200 MHz sur un palier à 1 GeV/c, ont déjà été décrits précédemment (voir compte rendu No. 45, paragraphe 3).

On se proposait de mesurer le grossissement obtenu pour différents réglages de la tension 200 MHz et de la tension 9.5 MHz, et d'essayer la méthode avec la plus haute intensité possible. Mais. là encore, les mesures ont été perturbées par le phénomène des pertes erratiques à basse énergie (voir § IV), qui empêchaient notamment tout réglage fin des corrections transversales sur le palier à 1 GeV/c.

Il a heureusement été possible d'utiliser ce cycle magnétique spécial à l'intérieur des supercycles, et donc de continuer pendant de nombreuses heures les observations et les réglages en parallèle avec l'opération.

On a pu ainsi obtenir, pendant quelques périodes où les pertes basse énergie disparaissaient, un très bon réglage transversal sur le palier à 1 GeV/c, permettant d'accélérer sur ce cycle avec une intensité

de l'ordre de 10^{13} ppp jusqu'à 10 GeV/c. Dans ces conditions, on a pu créer à l'aide de la cavité 200 MHz un grossissement longitudinal de l'ordre d'un facteur 2, tout en évitant la création de queues de distribution importantes. Avec ce faisceau grossi et stabilisé longitudinalement à la fin du palier à 1 GeV/c, les oscillations longitudinales sont très nettement réduites pendant l'accélération jusqu'à 10 GeV/c et sur le palier 10 GeV/c, et on peut passer la transition sans aucune perte avec 10^{13} ppp, tout en diminuant la force du "γ-transition jump" (300 A en moins dans les doublets et 100 A en moins dans les triplets). On peut donc espérer que cette méthode permettra effectivement d'accélérer des intensités supérieures à 10^{13} ppp, la limite donnée par la force maximum du "γ-transition jump" étant repoussée; cette méthode semble aussi apporter une solution au problème des oscillations longitudinales à basse énergie.

A cours de la séance d'études du 11 novembre (en parallèle avec la physique), on a mesuré le grossissement longitudinal du faisceau dans les conditions suivantes :

Palier à T = 1 GeV V_{RF} 200 MHz ≈ 40 kV V_{RF} 9,31 MHz = 50 kV
 Intensité : 9×10^{12} à 10^{13} ppp.

Emittance Longitudinale (mrad)

	Palier 800 MeV PSB	Début palier 1 GeV	Fin Palier 1 GeV	Montée avant trans.	Palier 10 GeV
PSB avec shacking	13	13	18,5	19,8	17,5
PSB sans shacking	8,6	10,6	18,5	19.8	17,5

Il ressort de ces chiffres que le grossissement du faisceau dépend de l'émittance initiale, et qu'on obtient pratiquement toujours la même émittance finale. Le faisceau sur le palier 10 GeV, au début de la gymnastique RF pour le SPS est très stable. A noter qu'il subsistait

toujours des pertes (de l'ordre de 10%) à la transition, indépendantes de l'émission longitudinale.

Il reste maintenant à essayer d'employer cette méthode en opération, de façon à fournir au SPS un faisceau supérieur à 10^{13} ppp en transfert continu, en un seul cycle.

VII TESTS D'EQUIPEMENT

VII-1. Ejections rapides avec le train RF dérivé du faisceau (2 heures en parallèle avec le réglage du transfert continu) (J. Boucheron, R. Macafferri, B. Nicolai, J.P. Riunaud, G. Roux)

Le train RF et la RF/20 dérivés des cavités sont utilisés au MCR d'une part pour l'observation des paquets, et d'autre part pour le timing des éjections rapides.

Le but du MD était de conserver ces trains RF et RF/20 dérivés des cavités pour les observations en MCR, mais de les remplacer par des trains RF et RF/20 dérivés du faisceau pour le timing des éjections rapides. Ceci pour s'affranchir des déphasages qui peuvent apparaître entre cavités et faisceau.

Le train RF dérivé du faisceau produirait un jitter trop important de cycle à cycle pour qu'on le laisse en opération. On a cependant utilisé un réseau de distribution depuis le bâtiment central pour fournir le train RF et la RF20 dérivés des cavités au timing des éjections rapides. Ces trains sont ceux qui sont utilisés pour le transfert continu.

Lorsque le problème du jitter sera résolu, une autre séance d'étude sera utilisée pour mettre en opération le train dérivé du faisceau.

Le début du train RF a été ajusté pour que le premier bunch affiché sur le timing des éjections rapides corresponde au 1er bunch qui entre dans la machine, c'est-à-dire au premier bunch de l'anneau III du Booster. Ce qui n'était pas le cas auparavant.

VII-2. Mise en place de diodes dans les circuits d'enroulements polaires (5h30 en parallèle avec le Machine Experiment Booster)
(M. Bôle-Feysot, D. Cornuet, V. Schou)

Les quatre branches des enroulements polaires étaient parcourues jusqu'à présent par de faibles courants non nuls qui perturbaient l'injection. Pour annuler ces courants, le courant d'offset de la génératrice tournante PFW a été retouché d'une part, et d'autre part deux diodes ont été montées "tête-bêche" en série avec les 2 branches "F", ainsi que deux autres diodes en série avec les 2 branches "D". Il a été vérifié que l'introduction de ces éléments non linéaires ne rendait pas instable les alimentations des enroulements polaires.

Le démarrage du PS a pu se faire dès le 7 novembre avec cette amélioration.

A la fin de la séance de tests, la visualisation du détail des fautes de la génératrice tournante a été contrôlée. Des erreurs dans le programme d'affichage ont pu être mises en évidence et vont être corrigées.

VII-3. Tests sur les corrections basses énergies pulsées à un taux de répétition de 0.5 s (8 h. en parallèle avec le Machine Experiment Booster) (M. Lamidon, R. Pittin)

Les dipôles verticaux, les quadrupôles droits et les quadrupôles tournés ont été pulsés avec un taux de répétition de 0.5 s et un programme de courant assez défavorable.

L'échauffement de l'électronique à la salle BBC et des lentilles dans l'anneau a été contrôlé. Par contre, l'électronique du bâtiment central n'a pu être contrôlée car le test a été interrompu par un re-remplissage des ISR.

VII-4. Test du nouveau software des fast bumpers
(5 heures en parallèle avec le Machine Experiment Booster)
(D. Grier, P. Pearce)

Un programme assembleur a été testé pour l'affichage de tous les paramètres contrôlés des fast bumpers. Ce programme fonctionne bien.

Une autre séance de tests sera nécessaire pour la mise au point des autres programmes ESAU avec cet assembleur.

VIII ETUDES BOOSTER

VIII-1. Injection avec palier simple (Flat bottom)

(ME 149c) (H. Fiebiger, K. Schindl. D. Williams)

L'injection dans le PSB se fait normalement avec un double palier magnétique. En début de cycle, le champ magnétique est fixé à une valeur minimum inférieure au champ d'injection. On applique ensuite une tension sur l'aimant pour atteindre un second palier sur lequel on peut plus facilement régler le courant pour optimiser l'injection. Ce processus à double palier prend un certain temps de répétition et, si on désire réduire le temps de répétition à 0.6 s, il est nécessaire de travailler avec un palier simple et de mettre au point un cycle où le champ minimum est aussi le champ d'injection et qu'on puisse le contrôler avec autant de précision que le cycle habituel.

Cet essai a été réalisé et, après un certain nombre de modifications du réglages de l'alimentation principale (pré-programmation de certaines fonctions), on a pu obtenir des efficacités d'injection et des intensités égales aux performances habituelles.

VIII-2. Contre-réaction transversale

(ME 151c) (H. Schönauer)

On a essayé pour la première fois un système de largeur de bande moyenne créant une impédance transversale artificielle dont la réponse en fréquence est à peu près comparable à l'impédance due à la résistance des parois de la chambre à vide.

Avec le point de travail dynamique normal à haute intensité ($3 \cdot 10^{12}$ p/p dans un anneau) et sans octupôles, l'instabilité transversale apparaît après 400 ms. L'application de la contre-réaction en réduit la force sans la supprimer complètement. Il semble que ceci soit dû à l'insuffisance du gain de la boucle.

VIII-3. Etudes longitudinales

VIII-3.1. Mise en service du système de contre-réaction longitudinale (ME 150b) (B. Kriegbaum, F. Pedersen, D. Sacherer)

Ce système qui faisait l'objet du projet de développement A002 (autorisé en septembre 1975) a été mis en service sans difficultés (après un certain nombre de réglages en parasites avant le ME).

L'analyseur de modes, dont la réalisation faisait également partie du projet, a permis de vérifier que l'ensemble des 4 modes couplés ($n = 1$ à 4) des trois ordres inférieurs d'oscillations ($m = 1$ dipôle, $m = 2$ quadrupôles, $m = 3$ sextupôles) étaient efficacement amortis.

Le système a pu être utilisé pour exciter et étudier le mode octupolaire ($m = 4$) mais il ne permet pas d'amortir les oscillations de ce type.

Une particularité gênante a été observée lorsqu'on enclenche le système immédiatement (1 ms) après l'injection. Une instabilité se développe rapidement (2 à 3 ms). L'analyse ultérieure du phénomène a montré qu'il s'agit d'une instabilité du faisceau non groupé constitué par les particules non capturées qui spiralisent dans la chambre. Cette instabilité est en soi inoffensive puisqu'elle affecte des particules qui ne seront de toute façon pas accélérées mais les signaux qu'elles produisent saturent l'amplificateur du système d'amortissement et le rendent inopérant. Le remède est d'attendre la fin de la spiralisation avant d'enclencher l'amortissement.

On a également consacré un certain temps à étudier la stabilité relative des différents modes d'oscillations et à comparer le comportement réel du faisceau avec la théorie.

VIII.3.2. Diagramme de stabilité longitudinale (ME 151d) (B. Kriegbaum, F. Pedersen)

Le but de l'étude était de relever le diagramme de stabilité longitudinale du faisceau (Détermination de la limite de stabilité

dans un plan complexe dont les axes sont la partie réelle et imaginaire de l'écart par rapport à la fréquence synchrotronique).

On a travaillé sur un palier à 400 MeV en excitant (RF knock out) le faisceau par balayage des bandes latérales inférieures et supérieures associées aux harmoniques 6 et 7 de la fréquence de révolution.

L'analyseur de mode a permis de mesurer la fréquence et l'amplitude des signaux ainsi excités, et un discriminateur de phase la différence de phase entre signal d'excitation et signal détecté. La fonction de transfert obtenue était ensuite traitée par un oscilloscope à processeur digital (DPO) pour produire le diagramme de stabilité.

Cette méthode, également utilisée aux ISR (A. Hoffmann) pour étudier la stabilité transversale du faisceau, se révèle extrêmement puissante car elle permet de séparer l'amortissement de Landau (dispersion des fréquences d'oscillations) de l'écart de fréquence cohérent créé par le système d'amortissement.

VIII.3.3. Stabilisation longitudinale par modulation RF

(ME 149b) (G. Gelato, L. Magnani)

Le but de l'étude était de déterminer l'intensité maximum pour laquelle il est possible de stabiliser le faisceau en modulant à la fréquence de révolution l'amplitude de la tension d'accélération RF.

Cette limite n'a pu être établie; d'autres contraintes n'ayant pas permis de dépasser $1.65 \cdot 10^{13}$ p/p accélérés dans les 4 anneaux, les paquets étaient encore stables à cette intensité mais la charge des cavités par le faisceau ($6 \cdot 10^{12}$ p/anneau injecté) perturbait fortement le circuit d'accord à la capture; par ailleurs, on observait une perte systématique de 5%, 500 ms après l'injection (probablement à la suite d'une instabilité transversale).

VIII.4. Recombinaison verticale - Mode 10 paquets

(ME 150a) (J.P. Delahaye, J.P. Riunaud)

L'étude comportait deux parties. Dans un premier temps, on a réglé et contrôlé soigneusement les trajectoires. On a ainsi pu rectifier l'erreur faite lors des essais précédents où l'on avait négligé de tenir compte de la (dé)focalisation introduite par les angles d'entrée et de sortie dans les aimants TBH et TSBH lorsque, comme c'est le cas pour ce mode de fonctionnement, les faisceaux ne sont pas centrés. On a ensuite pu mesurer que l'émittance verticale du faisceau recombiné était de 25π mm.mrad alors que les deux faisceaux initiaux ont une émittance de 8π . Ce résultat concorde bien avec les trajectoires calculées et l'effet de l'épaisseur du septum de recombinaison.

Dans un deuxième temps, on a essayé d'effectuer l'adaptation au PS mais, le programme de traitement des grilles à émission secondaire (SEM grids) n'étant pas conçu pour des faisceaux "creux" (il faudra le modifier avant le prochain essai), on n'a pu vérifier si l'adaptation était correcte.

VIII.5. Essais d'appareillage

Ces essais ont porté sur les systèmes suivants :

a) Distributeur vertical

(ME 150c) (J.P. Royer)

On a modifié les circuits pour pouvoir pulser le système de manière irrégulière et éviter d'avoir à l'exciter toutes les 1,2 s même en l'absence de faisceau. Ceci permettra d'allonger la durée de vie du système.

b) Alimentation principale

(ME 150c - + 151a + 151b) (H. Fiebiger, R. Gaillaud, F. Völker)

On a fait fonctionner l'alimentation avec 4 groupes redresseurs-inverseurs en série. Ces essais font partie de la mise au point d'un cycle sans palier double pour l'injection (flat bottom).

Diverses difficultés (légères oscillations, ondulation résiduelle, transitoires) ont été mises en évidence. On en tiendra compte dans les modifications pour le fonctionnement en remplissage multiple du SPS.

c) Ligne de mesure 800 MeV
(ME 149a) (J.P. Delahaye)

On a poursuivi la mise au point des programmes d'adaptation et de mesure d'émittances. Pour l'adaptation, les résultats mesurés sont maintenant très proches des valeurs théoriques et cette mesure peut devenir opérationnelle. En ce qui concerne les émittances horizontales, on a fait des comparaisons avec des mesures de cibles. Il y a très bonne concordance lorsqu'on mesure les émittances contenant 75% ou plus du faisceau. Par contre, il y a une grosse différence dans les résultats pour la partie centrale du faisceau (ce désaccord est probablement dû à l'effet des oscillations synchrotroniques).

O. Barbalat
E. Brouzet
J.P. Riunaud

Distribution habituelle

/ed