

d'achèvement prévus reste le milieu de 1971.

Nouvelles des autres anneaux de stockage : Le projet de dérivation (voir « COURRIER CERN », vol. 8, page 289) de l'accélérateur d'électrons de Cambridge est presque prêt à entrer en service. Les derniers éléments de la dérivation sont en cours d'installation et l'injecteur de positons est actuellement à l'essai. Tout le matériel nécessaire a été essayé avec succès et les faisceaux peuvent circuler à travers la dérivation sans pertes. Jusqu'ici on a obtenu des courants atteignant une intensité de 30 mA à 3,5 GeV. On espère qu'il sera possible par la suite d'avoir 100 mA dans chaque faisceau. Les essais avec des électrons et des positons circulant dans l'accélérateur sont prévus pour la fin de l'année.

Des collisions de faisceaux ont eu lieu (voir « COURRIER CERN », vol. 9, page 171) dans l'anneau de stockage d'électrons et de positons de 1,5 GeV, ADONE, du laboratoire de Frascati, mais l'agitation sociale enregistrée en Italie a empêché la poursuite des expériences. Si le groupe ADONE a éprouvé certaines difficultés à surmonter les instabilités de faisceaux, il risque d'être encore plus gêné par celles qu'il rencontre sur le plan social.

L'anneau de stockage d'électrons et de positons de 550 MeV, ACO, du laboratoire d'Orsay (France), grâce auquel la meilleure physique, avec de telles machines, a pu être réalisée à ce jour, subit des modifications majeures depuis le début de l'année en vue d'une amélioration supplémentaire.

La conférence a fait apparaître les liens étroits qui unissent les laboratoires s'occupant de physique des particules dans le monde entier. Aucune nouveauté retentissante n'y a été signalée, ce qui en diminue l'intérêt scientifique mais qui traduit en revanche l'excellence des communications à notre époque. Cela nous amène aussi à constater que les conférences sur les accélérateurs se sont suivies de très près au cours de l'année écoulée (conférence sur les accélérateurs en URSS en octobre 1968, conférence sur les accélérateurs aux Etats-Unis en mars 1969). Un meilleur équilibre existerait si la conférence américaine (qui revêt désormais un caractère très international) pouvait être organisée en alternance avec la série de conférences internationales.

Il convient enfin de signaler l'esprit de coopération amicale et de franchise de tous les participants. La collaboration entre les laboratoires prend toujours plus d'extension tant par nécessité, dans maints cas, qu'en raison de l'assentiment des physiciens concernés — et la collaboration CERN-Serpoukhov en est un exemple remarquable. Si les tendances actuelles de la physique des particules se poursuivent, une telle collaboration peut se révéler fort utile, au-delà de ses objectifs immédiats, comme modèle de collaboration à l'échelle mondiale.

Nouvelles du CERN

Taux d'éjection lente

Les problèmes liés au rendement d'extraction de l'éjection lente prennent au CERN aussi bien du reste qu'à Brookhaven une importance grandissante. En effet, faute d'obtenir des rendements élevés, l'emploi de ce mode d'éjection sera sévèrement limité à cause de l'importance des pertes, lorsqu'à l'issue des programmes d'amélioration en cours, l'intensité du faisceau de protons accélérés aura déculpé.

Dans ce contexte, des études poussées furent entreprises au CERN en 1968 pour essayer de trouver les raisons de la divergence qui persistait entre le taux d'extraction théorique voisin de 90 % et le rendement pratique qui, malgré les importantes améliorations enregistrées en 1967, ne dépassait pas 80 %.

Ces travaux ont mené à différentes améliorations que nous étudierons en détail dans un article ultérieur. Ils ont par ailleurs mis en relief la difficulté de mesurer le taux d'extraction en éjection lente avec précision. Une nouvelle méthode de mesure a été expérimentée avec succès le 12 juin au CERN.

Le but, lorsqu'on veut mesurer un rendement d'éjection, est d'obtenir une comparaison entre le nombre de protons éjectés et le nombre de protons circulant dans la machine avant l'éjection.

On dispose pour cela de 2 types d'appareils :

- a) des transformateurs de faisceau qui mesurent l'intensité instantanée du faisceau. Ils peuvent se monter aussi bien sur le faisceau interne que sur le faisceau externe, mais ne fonctionnent bien que pour des intensités élevées;
- b) des feuilles minces de métal placées sur la trajectoire du faisceau dont on mesure l'activité induite, liée au nombre de protons les ayant traversés; elles ne peuvent se placer que sur les faisceaux éjectés.

Pour l'éjection rapide, pas de problème: on utilise 2 transformateurs de faisceau (faisceau interne et faisceau éjecté); on intègre les variations d'intensité en fonction du temps dans les deux cas, et on obtient ainsi le rapport entre les deux quantités de protons. La méthode est précise parce que les transformateurs de faisceau sont des appareils sûrs et au fonctionnement linéaire.

Pour l'éjection lente il y a un problème qui vient du fait qu'on ne peut utiliser de transformateur sur le faisceau éjecté en raison de sa trop faible intensité: on doit donc recourir à un détecteur de charge

du type b) et comparer le nombre de protons qu'il indique avec l'intégration de l'intensité du transformateur de faisceau interne. La détermination du nombre de protons par mesure de l'activité induite est cependant peu précise (erreur d'étalement et erreur sur la section efficace). Le résultat n'est donné qu'à $\pm 9\%$ près. C'est trop lorsqu'il s'agit de mesurer les améliorations apportées au taux d'extraction qui peuvent n'être que de quelques pour-cents.

Le principe du nouveau système de mesure se base sur le fait que, si les valeurs absolues du nombre de protons sont imprécises, les indications relatives données par deux feuilles, et qui permettent par exemple de comparer directement le nombre de protons éjectés dans les 2 modes, sont elles précises à $\pm 1\%$.

Si on pouvait obtenir dans les deux cas une même quantité de protons accélérés, il suffirait de régler le taux d'extraction rapide à 100 % pour obtenir le taux d'extraction lente qui serait égal au rapport du nombre de protons éjectés dans les 2 cas.

Toutefois rien ne permet de garantir que le nombre de protons accélérés sera le même d'un cycle à l'autre; il est donc nécessaire de tenir compte du nombre des protons accélérés pendant chaque cycle. Le rendement d'extraction sera donc donné $r = Tn/n^1$ ou $T =$ protons éjectés lentement/protons éjectés rapidement, n , nombre de protons accélérés en vue de l'éjection lente, n^1 nombre de protons accélérés en vue de l'éjection rapide.

On a ainsi obtenu le 12 juin un taux d'éjection lente de $90,7 \pm 3,1\%$.

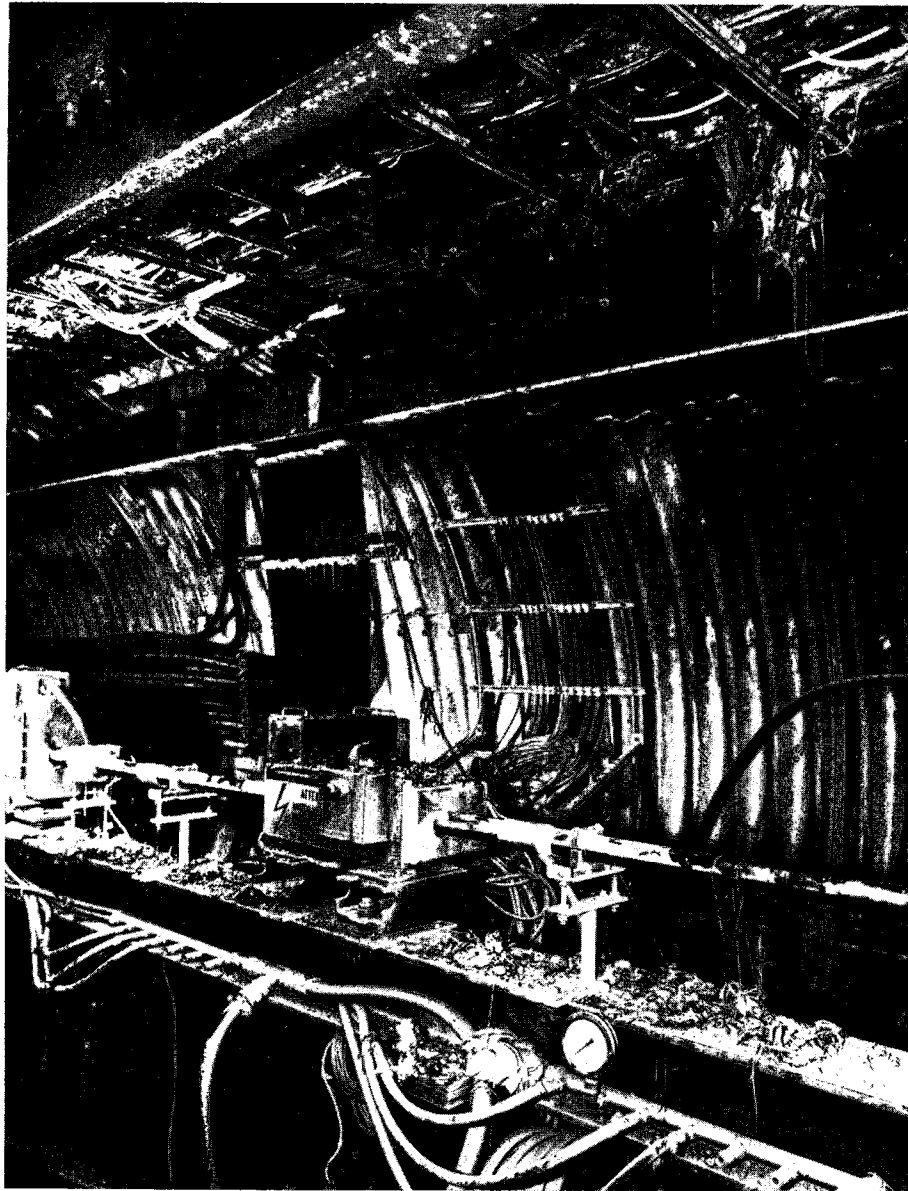
Pour vérifier les mesures d'efficacité de l'éjection lente, on s'est efforcé par ailleurs d'évaluer les pertes en utilisant des chambres à ionisation. Les résultats confirment les mesures directes.

Ce chiffre de $90,7 \pm$ a une grande importance. D'abord, parce qu'il constitue une valeur jamais atteinte, résultat de plusieurs années d'études et d'expériences qui ont permis une meilleure compréhension du système. Mais, ce qui est plus significatif encore, c'est que pour la première fois, on est arrivé à un taux d'éjection lente conforme à la théorie alors que jusqu'à présent, les 10 % de marge entre la théorie et la pratique semblaient un fossé infranchissable pour des raisons qu'on pouvait croire occultes. Le mystère est dissipé et le CERN peut respirer à l'idée des intensités futures de 10^{13} protons/s.

Un mémoire de Y. Baconnier, O. Barbat et D. Dekkers sur la question a été présenté à la conférence d'Erevan.

Le dimanche, 31 août, à 9 h. du matin, le feu a pris au milieu du tunnel externe de la zone sud-est du PS qui abritait le faisceau de kaons séparés de faible quantité de mouvement k 11, en attendant de servir au passage du faisceau de neutrinos qui alimentera la grande chambre à bulles à liquides lourds Gargamelle. Des essais étaient justement en cours dans ce but. Une étude a été entreprise afin de déterminer les possibilités d'améliorer la sécurité lorsque Gargamelle fonctionnera. Le feu a été éteint par les pompiers du CERN après plus de deux heures. On ne déplore heureusement aucun accident de personne. La photo donne une idée des dégâts.

Toute une série de câbles a brûlé et la chaleur intense et les retombées de matériaux incandescents ont endommagé les aimants pulsés, le système à vide et le système de contrôle du faisceau. En outre, l'étanchéité du bâtiment, assurée par des joints synthétiques, est compromise. Tout est mis en œuvre pour que le faisceau fonctionne à nouveau le plus tôt possible après l'arrêt annuel du PS. Plus de 1,5 million de photos ayant été prises, il restait encore quelques semaines à l'expérience k 11 avant la fermeture du PS. La planification des autres expériences prévues ne semble pas devoir en souffrir.

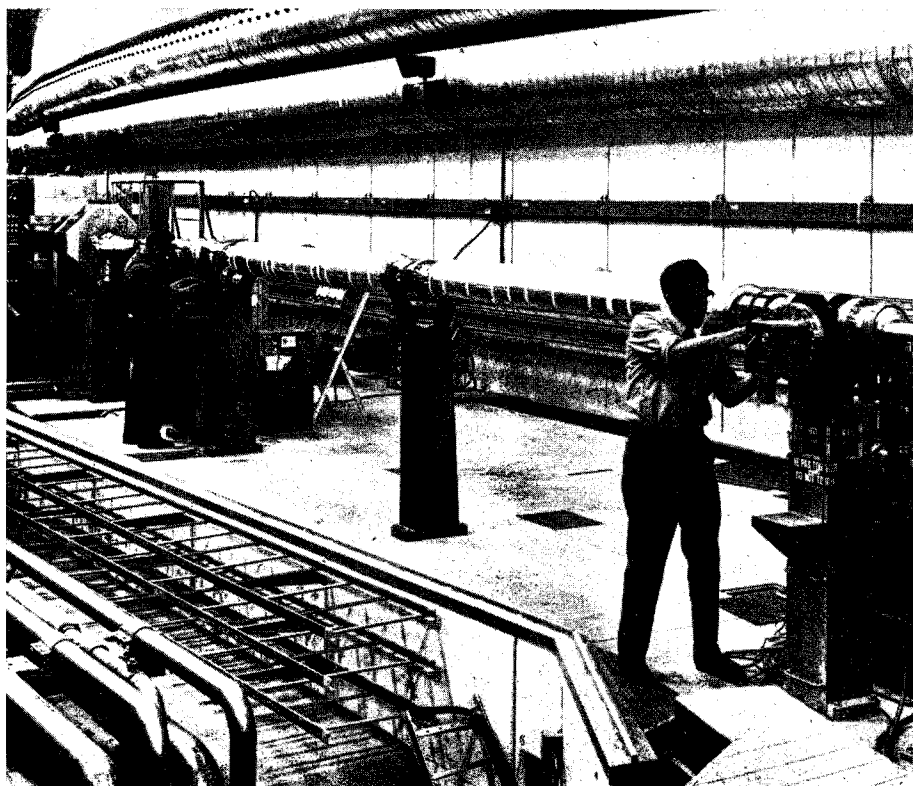


CERN / PI 1.9.69

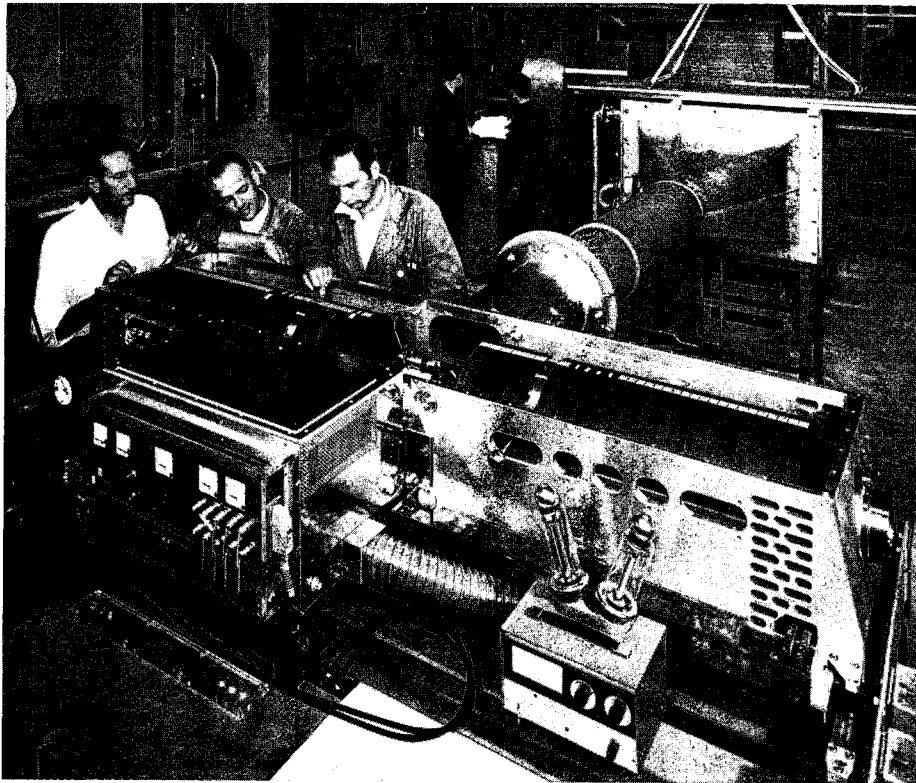
Au début de septembre, on a obtenu une pression de 5×10^{-11} à l'intérieur d'une section « pilote » d'une longueur de 16 m, de la chambre à vide des ISR dont une partie est représentée ici. C'est la première section de la chambre à vide a avoir été étuvée jusqu'à présent. Cinq étuvages successifs ont été effectués à des températures (150 et 300° C) et pendant des durées (4 à 20 heures) variables. Le but de l'opération était double : d'une part, essayer l'équipement d'étuvage qui restera monté en permanence autour de la chambre à vide, et d'autre part, déterminer la meilleure procédure d'étuvage. Entre chaque étuvage, la chambre à vide a été exposée à l'air atmosphérique.

Selon les spécifications, la pression moyenne de la chambre à vide des ISR devra être de 10^{-9} torr, mais si tout se passe bien des pressions de 10^{-10} ou mieux doivent pouvoir être obtenues dans les sections les moins complexes, telles que celle qui vient d'être étuvée. La pression moyenne dans l'ensemble de la chambre est évidemment imposée par les sections les moins parfaites (fuites, contaminations, mauvais rendement des pompes).

Au 17 septembre, sur un total de 2000 m de chambres à vide, 180 m étaient installés, dont 60 sous vide et 16 sous ultra-vide. Le montage progresse à raison d'environ 40 m par semaine.



CERN/PI 168.9.69



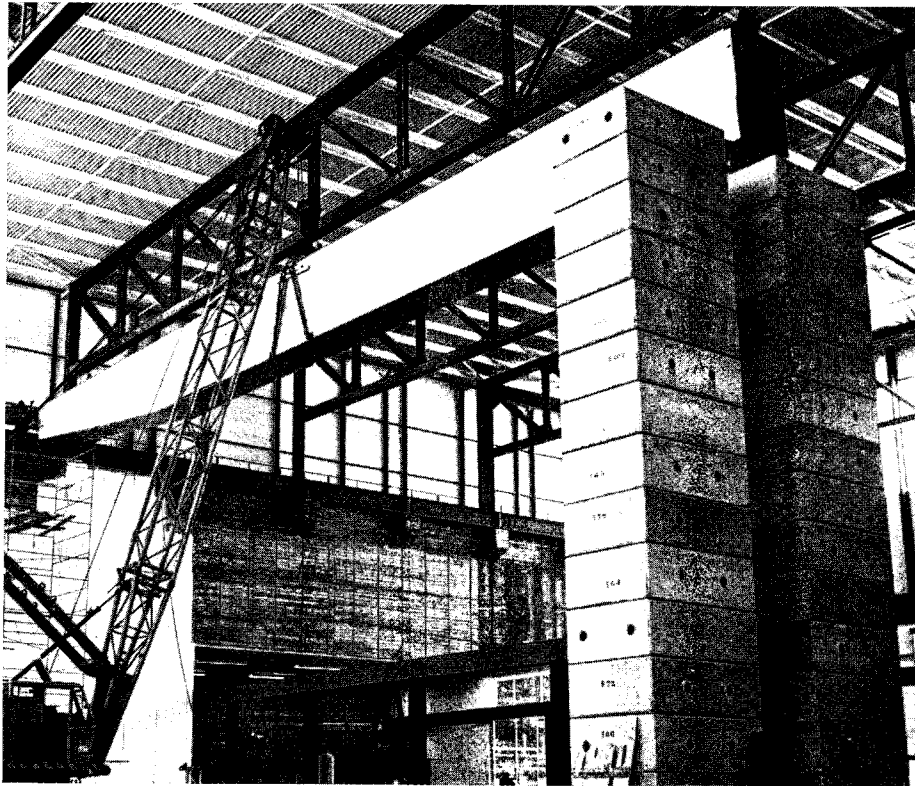
CERN/PI 98.7.69

Prototype de cavité accélératrice de l'é lanceur. Quatre cavités accélératrices de ce type (une par anneau) seront mises en place dans le tunnel de l'é lanceur. Chacune d'elles est constituée par deux résonateurs $1/4$ d'onde excités en opposition de phase.

La variation de la fréquence de résonance (2,8 à 8,5 MHz) s'obtient en changeant la perméabilité des tores en ferrite dont la tranche est visible, et qui remplissent la plus grande partie de la cavité. Pour des raisons d'encombrement (l'entre-axe de 2 anneaux n'étant que de 360 mm), on a renoncé à utiliser comme dans le PS le champ d'un électro-aimant pour faire varier la perméabilité des ferrites ; cela s'obtient en envoyant dans des spires en huit qui entourent les ferrites un courant continu dont l'intensité varie entre 0 et près de 700 A (ces spires assurant par ailleurs le couplage HF entre les deux résonateurs).

Au premier plan à gauche se trouve l'amplificateur de puissance HF dont deux exemplaires (le second devant assurer le relai, du premier en cas de panne) seront montés côte à côte.

Le refroidissement des ferrites a lieu par air conditionné au moyen du tube perpendiculaire à la cavité qui la relie à une soufflerie. L'air passe entre les ferrites distantes les unes des autres de 1 mm. A l'issue des essais et mesures en cours commencera la fabrication définitive qui devrait s'achever en 1971.



CERN/PI 29.9.69

Photo prise au début de septembre pendant le montage du pont roulant du hall I1 d'expérimentation des anneaux de stockage à intersections. Ce pont, fourni par la firme CERETTI-TANFANI de Milan, sera le plus long du CERN après celui du hall E1 (Cf. COURRIER CERN, vol. 8, page 102). C'est le premier pont du CERN dont les vitesses de travail soient réalisées en variation continue. Cette dernière est obtenue par des moteurs à courant continu alimentés par un groupe Ward-Leonard. Ses principales caractéristiques sont — poids total : environ 100 tonnes ; force : 40 tonnes ; portée : 47,60 m ; hauteur de levage : 12,50 m ; vitesse de levage : de 0 à 6 m/minute en charge et de 20 m/minute à vide ; translation chariot de 0 à 40 m/minute ; translation pont : de 0 à 40 m/minute ; translation cabine : 30 m/minute.

Un meilleur dégroupage en éjection lente

Afin d'améliorer le dégroupage en vue de l'éjection lente, deux modifications ont été apportées récemment au système HF. Elles ont porté d'une part sur la mise en place d'un appareillage pour la commande à distance de la référence d'AVC (dans les 15 unités d'accélération) qui permet de moduler la tension d'accélération entre 100 % et 10 % de son niveau maximum et éventuellement de la réduire à zéro,

d'autre part, sur l'adjonction d'un dispositif qui permet de désaccorder les cavités ou groupes de cavités (actuellement 4) de telle façon que ces cavités aient des fréquences de résonance différentes pendant la partie du cycle de la machine où la tension HF sur les cavités est nulle.

Quel était le problème ? Le faisceau de protons a une structure HF (20ème harmonique de la fréquence de révolution) qui est imposée par la nature même du principe d'accélération du synchrotron, mais indésirable pour l'utilisation du faisceau surtout lorsqu'il s'agit d'éjection lente. Pour réduire cette structure, on

utilisait auparavant un procédé comportant un saut de la phase stable associé à une variation de la fréquence d'accélération. Ce procédé est représenté dans la figure 1 (schémas b et c). Il présente néanmoins les inconvénients suivants : 1) étant donné que la tension accélératrice est toujours présente sur les cavités pendant la partie descendante du programme de fréquence (après TB), des résonances sont excitées qui ont pour conséquence l'apparition d'une structure HF dans la giclée de protons ; 2) pendant la partie du cycle où les protons voient la fréquence fixe ($f_{min} = 2,78$ MHz, ils ont tendance à

Figure 1 : les 3 premiers schémas de la figure correspondent à la situation qui existait jusqu'en 1968. a) donne les variations du champ dans l'aimant au cours du cycle; b) donne les variations de la fréquence d'accélération (entre 2,78 et 9,54 MHz); c) donne les variations de la phase stable. Pendant l'intervalle de temps séparant TA de BT2, les particules sont soumises à la phase d'avant la transition qui a sur elles un effet dégroupant; d) représente le changement d'amplitude (introduit au début de 1969) et, e) le changement d'accord des cavités (introduit au début d'août 1969). N : partie du cycle où le faisceau doit être dégroupé.

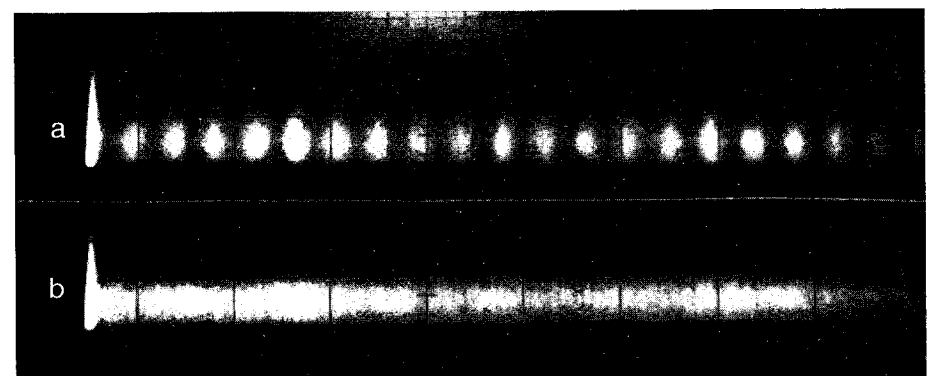
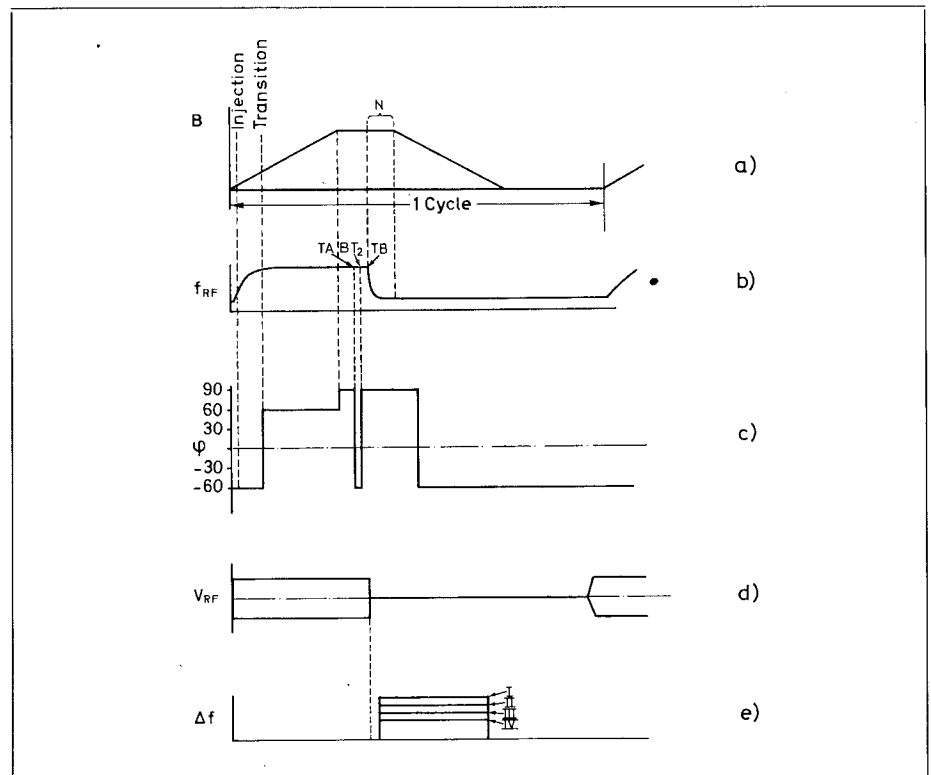
se regrouper selon le 6ème harmonique de la fréquence de révolution; 3) il restait une structure HF trop nette dans la giclée. Depuis le début de 1969, les variations de la tension V_{HF} pouvaient être utilisées pour le dégroupage. Au début de mai, on a adopté un mode d'exploitation comportant une réduction de V_{HF} à zéro (à l'instant TB). La qualité du faisceau dégroupé s'en est améliorée sensiblement. Malgré l'annulation de la tension HF sur les fentes d'accélération, les fluctuations persistantes du courant de protons excitaient les cavités qui répondaient à leur fréquence propre de résonance (environ 2,24 MHz). L'interaction faisceau-cavité avait alors pour conséquence un regroupement du faisceau principalement sur le 5ème harmonique de la fréquence de révolution.

La solution idéale à ce problème aurait été de court-circuiter les 15 fentes d'accélération pendant la partie du cycle où V_{HF} était nul. C'est une solution qui est effectivement étudiée pour les nouvelles unités d'accélération qui doivent remplacer les anciennes en 1972.

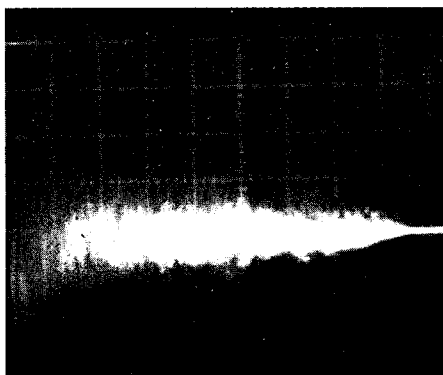
Mais, dans le système actuel, on a choisi une autre solution consistant à modifier la fréquence d'accord des cavités selon un certain programme alors que $V_{HF} = 0$. Cette solution est appliquée depuis le début d'août 1969. Initialement les 15 unités d'accélération sont réparties en 4 groupes qui peuvent être accordés séparément sur des fréquences différentes si bien que leur influence devient aléatoire. On ne peut pas encore citer de résultats définitifs mais ce procédé a déjà apporté une amélioration importante. Il est déjà utilisé pour l'exploitation normale et les essais se poursuivent. La figure 1 (de a) à e) donne une idée de l'ensemble de l'opération. Un article plus détaillé sur l'ancien et le futur système d'accélération du CPS paraîtra prochainement.

Figure 2 : Ces deux photos sont fournies par un oscilloscope analysant le signal d'un scintillateur placé dans le faisceau externe face à la cible p5. Elles ont été prises à la fin du cycle. La photo du haut correspond aux courbes b, c, d de la figure 1, et la photo du bas au procédé b, c, d et e de la figure 1. Tandis que sur la photo du haut une structure de l'harmonique 5 est encore très apparente, elle a entièrement disparu sur la photo du bas.

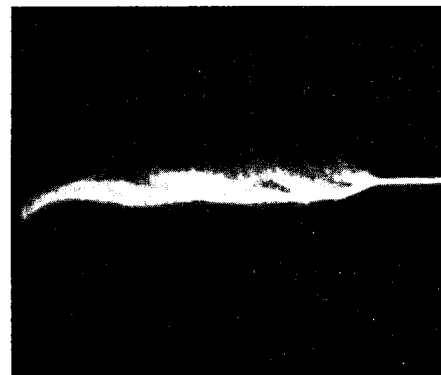
Figure 3 : Il s'agit d'oscillogrammes du courant de protons fournis par une électrode de détection à large bande placée dans l'anneau sur le faisceau primaire. 3a - vue de détail de la partie dégroupée selon le procédé b) et c) dans la figure 1. La structure des paquets est très nette (50 mV/div). 3b : comme 3a, mais avec la réduction de la tension VHF (50 mV/div). 3c : comme 3b, mais avec le désaccord pendant que VHF = 0. (50 mV/div). On voit l'amélioration progressive du procédé de dégroupage.



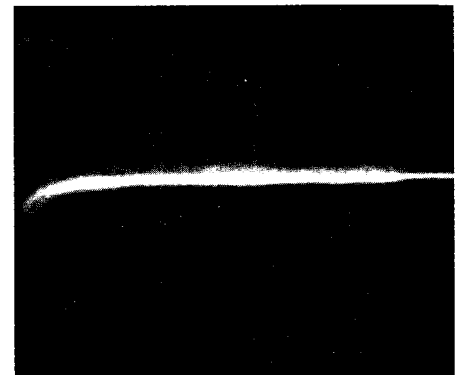
2.



3.a



b



c