

Août 1955

INJECTION DANS LE SYNCHROTRONNOUVEAU SCHEMA DE DEFLECTION.1) Introduction.

Dans les rapports CERN-PS/PL 1, 3 et 4 on a considéré et étudié avec quelque détail un schéma d'injection du synchrotron à protons. Dans le dernier des rapports précités il apparaît que les aberrations produites à la traversée des champs de fuite, lorsque le faisceau longe le bord des secteurs magnétiques du synchrotron, provoquent une très forte déformation du faisceau injecté; cela risque d'entraîner la perte d'une grande partie des particules.

On va montrer dans ce rapport comment il faut choisir le schéma de déflexion pour réduire l'effet des aberrations; on indiquera un dispositif qui présente, pour le synchrotron dont les paramètres ont été donnés lors du CERN-PS Staff Meeting du 8 Mars 1955 (minute No. 55), des conditions d'injection très satisfaisantes.

2) Zones interdites à l'injection.

Dans le rapport CERN-PS/PL 4 (équation 42) on a montré que les aberrations, à la traversée des champs de fuite du synchrotron sont, à la distance radiale y de l'orbite d'équilibre proportionnelles à la dérivée

$$\frac{\partial n}{\partial y} (y)$$

du gradient de champ n défini par

$$n(y) = \frac{r_0}{B_0} \frac{\partial B}{\partial y} \mathcal{J}(y, 0)$$

(l'induction magnétique verticale B_0 et le rayon de courbure r_0 correspondant à l'orbite d'équilibre).

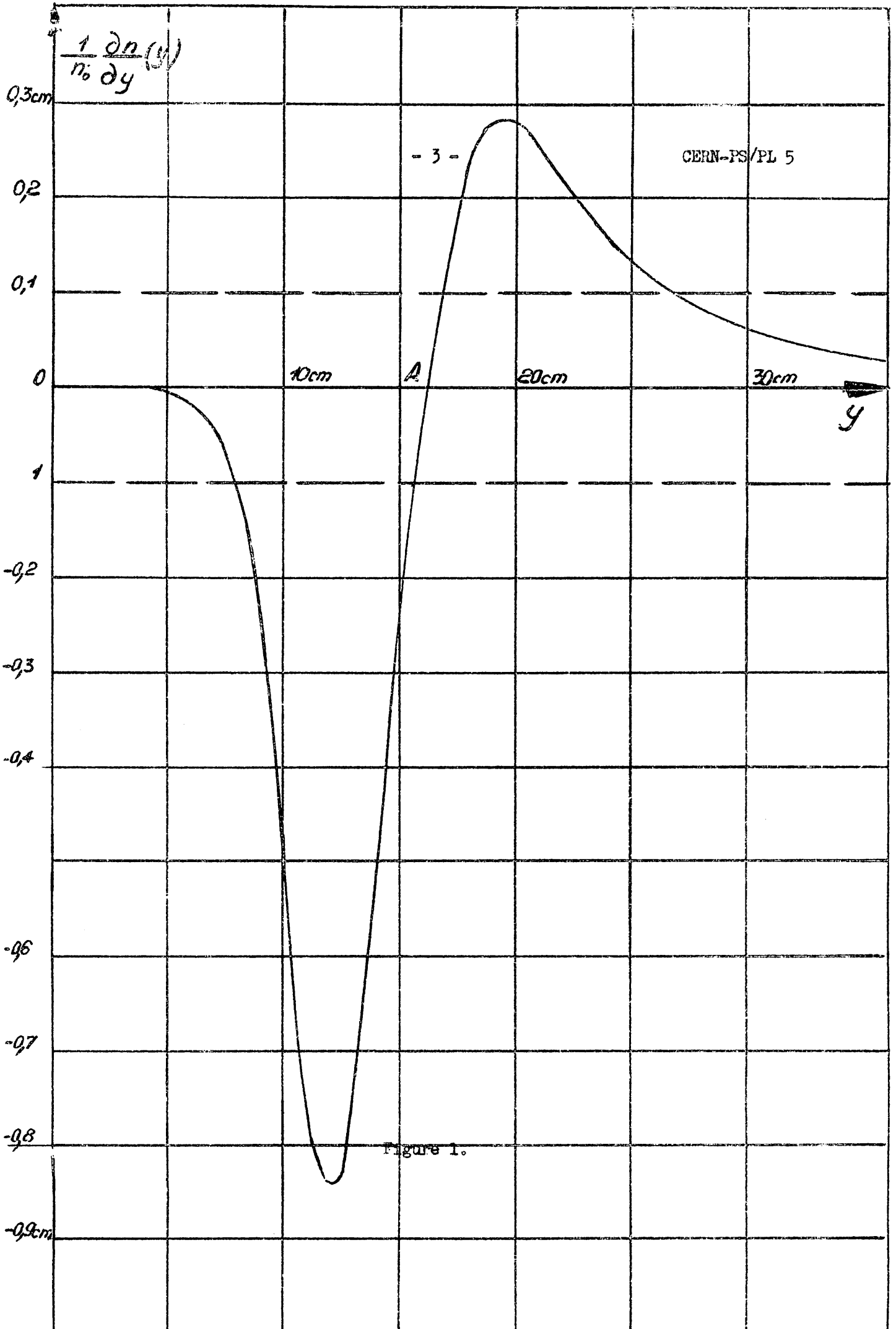
Les figures 1 et 2 donnent, d'après le rapport CERN-PS/MM 17 les valeurs de $\frac{1}{n_0} \frac{\partial n}{\partial y}$ respectivement pour un secteur focalisant et pour un secteur défocalisant (n_0 est la valeur du gradient sur l'orbite d'équilibre - on n'a représenté que les valeurs positives de y , correspondant à l'extérieur de l'orbite d'équilibre).

La comparaison des deux figures montre immédiatement que les aberrations sont beaucoup plus fortes sur le bord extérieur d'un secteur focalisant que sur celui d'un secteur défocalisant. Ce résultat est une conséquence directe de l'allure rappelée sur la figure 3. Dans le cas d'un secteur focalisant, le champ magnétique présente et donne, pour les différentes trajectoires d'un faisceau large, des courbures très variables; cela entraîne une déformation très sensible de la forme du faisceau: les aberrations sont une mesure de cette déformation.

La valeur maximum de la dérivée $\frac{1}{n_0} \frac{\partial n}{\partial y}$ que l'on peut tolérer dépend du pourcentage d'aberrations que l'on admet, du diamètre du faisceau et de la rapidité de la traversée des champs de fuite.

Dans tous les divers cas qui ont été considérés, on a trouvé que le maximum admissible pour $\frac{1}{n_0} \frac{\partial n}{\partial y}$ était toujours de l'ordre de $0,1 \text{ cm}^{-1}$. Pour fixer les idées on prendra dans la suite de ce rapport cette valeur comme limite.

On voit alors que le faisceau peut passer sans inconvénient sur le bord d'un secteur défocalisant; par contre le long des secteurs focalisants se trouve



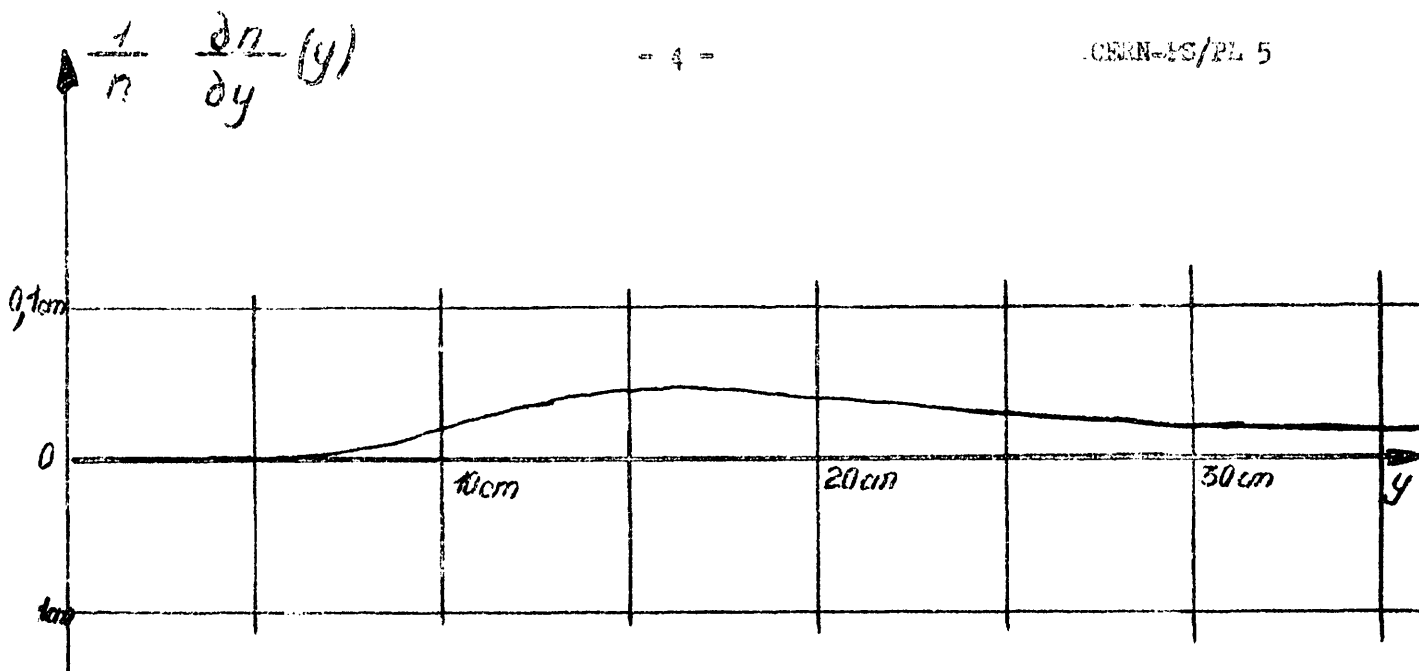


Figure 2 .

une bande interdite qu'il faut éviter (on pourrait penser utiliser le voisinage du point A : en ce point les aberrations du second ordre sont nulles, mais les aberrations d'ordre supérieur y sont très élevées et ce point doit être évité également).

Il faut rappeler aussi que dans les sections droites on peut appliquer au faisceau injecté déflections à l'intérieur ou à l'extérieur de l'espace occupé normalement par la chambre à vide du synchrotron. Les premières doivent être pulsées et la distance entre électrodes est nécessairement grande.

Les secondes peuvent être permanentes et il est possible avec une faible distance entre électrodes et des différences de potentiel raisonnables d'obtenir des angles de déflexion de plusieurs dizaines de milliradians

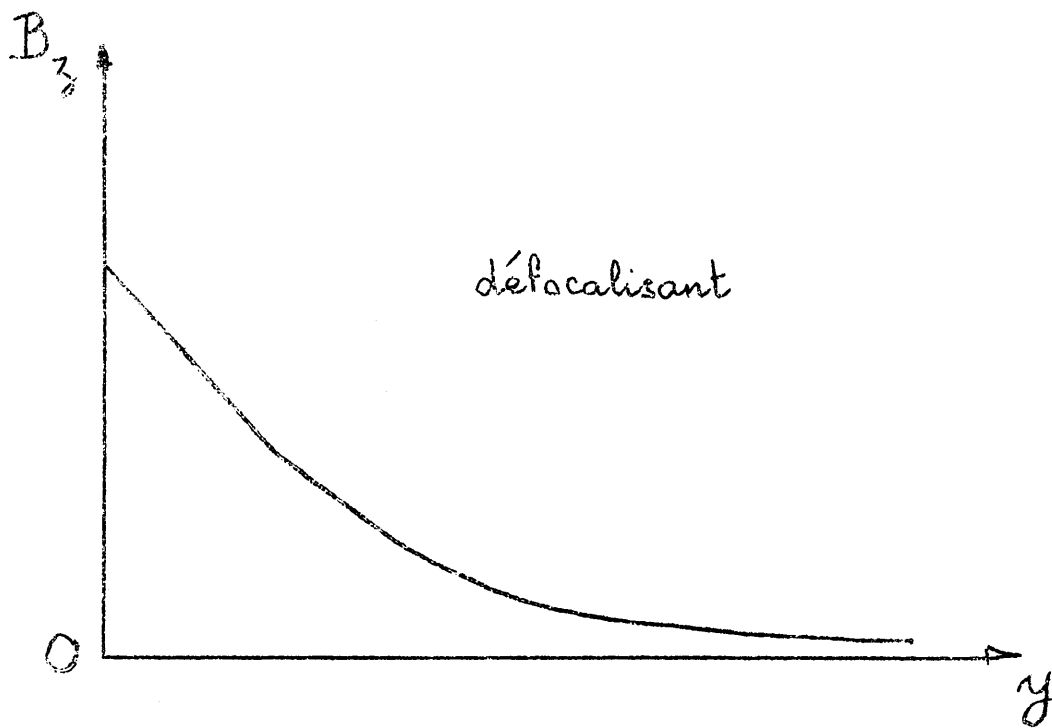
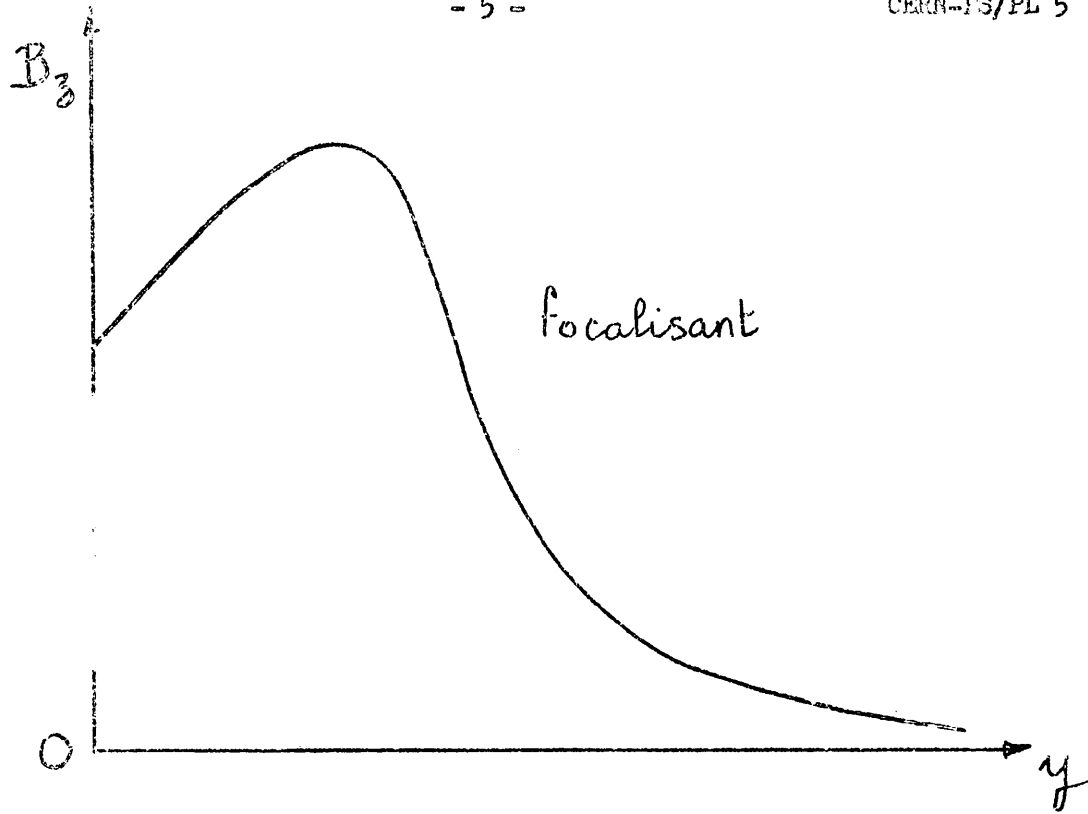


Figure 3

20 à 25 mrad par mètre). Mais dans ce dernier cas le faisceau et les électrodes de déflexion doivent être situés à l'extérieur de l'espace occupé normalement par la chambre à vide, de façon que lors de l'accélération dans le synchrotron le faisceau ne frappe pas les électrodes et ne soit pas soumis à leur influence.

Enfin, certaines sections droites voisines des points d'injection peuvent être occupées par des lentilles ou des cavités d'accélération et le faisceau ne doit pas y occuper une position extérieure à la chambre à vide normale du synchrotron.

3) Schéma d'injection. Acceptance du synchrotron.

La figure 4 qui représente un tronçon du synchrotron, au voisinage de l'injection, montre la succession des bandes interdites introduites au paragraphe précédent (pour la simplicité du dessin on a supprimé la courbure générale de l'orbite et dilaté fortement les distances radiales). En tirets sont indiqués les bords de la chambre à vide normale.

Pour aborder le synchrotron, on peut envisager soit une trajectoire du type A, soit une trajectoire du type B. Le type A exige une déflexion très importante (supérieure à 0,1 radian). La déflexion en B doit être de l'ordre de 50 milliradians seulement. Cela peut être obtenu au moyen d'une déflexion permanente avec des électrodes de 2 mètres de longueur environ; il est alors nécessaire que la section droite B soit longue; elle est au milieu d'un secteur défocalisant.

Si le point C est occupé par une lentille ou une cavité d'accélération il faudra que le faisceau, entre B et C présente un angle suffisant pour pénétrer complètement dans la chambre à vide normale. Cet angle dépend évidemment de la largeur du faisceau que l'on veut injecter, donc de l'acceptance fixée pour le synchrotron. Pour une acceptance de 5 micronradian, il ne

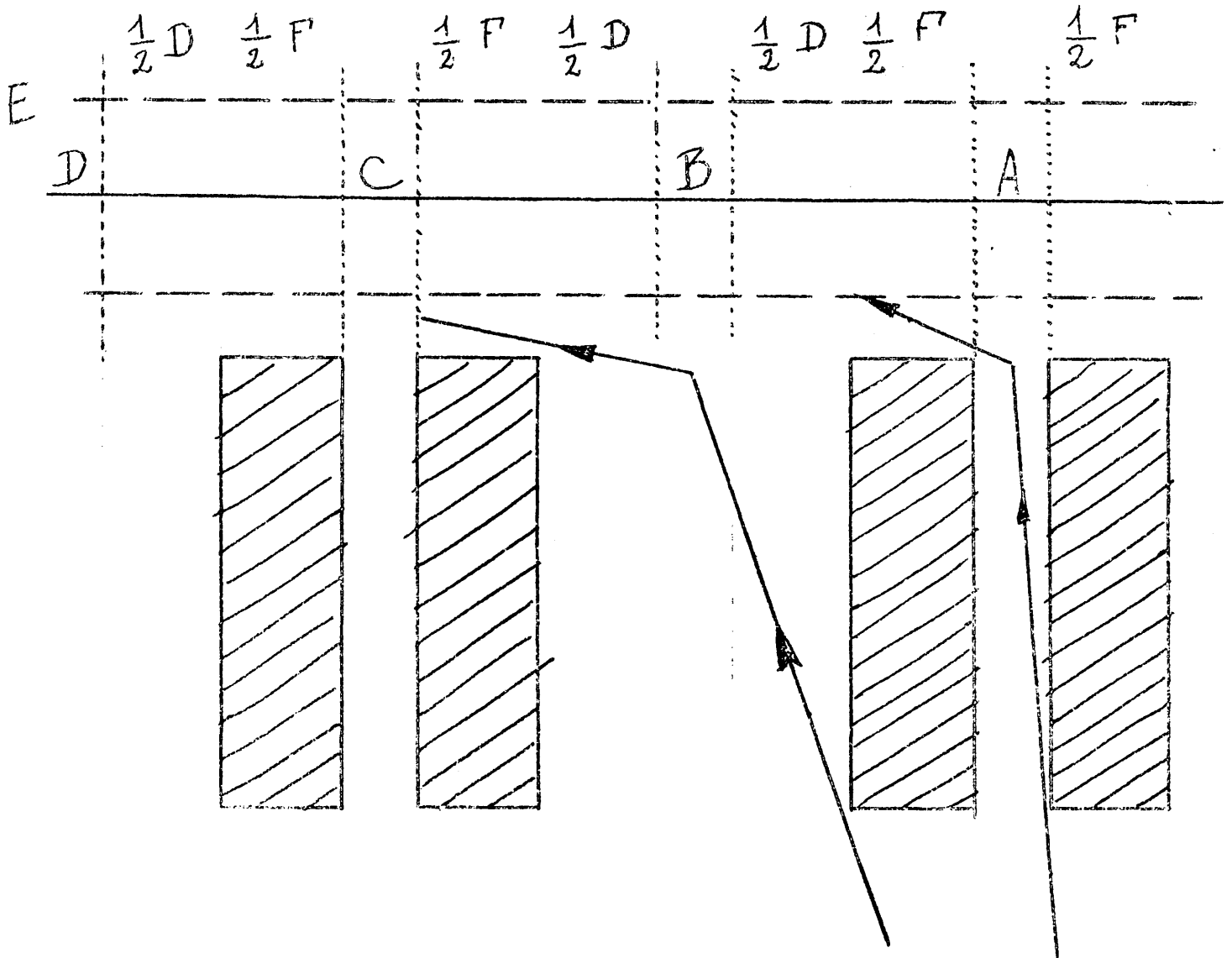


figure 4

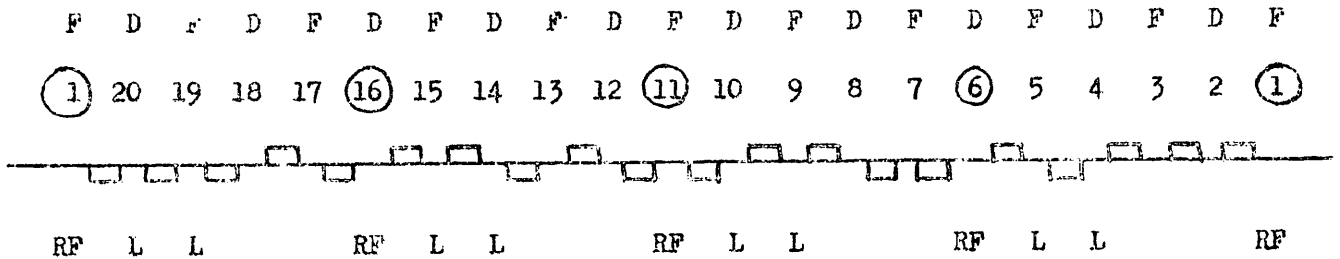
serait que d'environ 5 milliradians et pourrait être corrigé par une ou plusieurs déflexions en D, E

Mais pour une acceptance de 20 ou 30 milliradians cet angle atteindrait une valeur telle que le faisceau pourrait croiser l'orbite d'équilibre entre C et D et qu'il faudrait appliquer pour le redresser des déflexions employant des potentiels pulsés très supérieurs à 100 KV.

Si par contre le point C est libre le faisceau peut y être encore en dehors de l'espace occupé par la chambre à vide normale. De plus il est possible d'appliquer une déflexion en C. Le calcul des trajectoires, en employant toujours les paramètres donnés dans le CERN-PS Staff Meeting du 8 Mars 1955 montre alors que, pour des acceptances de 20 à 30 micronradians, si la déflexion en C est unique, il faut faire appel à des potentiels pulsés de 80 à 100 KV. Mais si l'on peut défléchir le faisceau en deux points voisins C et D, ou bien tels que C et E des potentiels de 40 à 50 KV sont suffisants.

En pratique, pour faire coïncider dans les superpériodes magnétiques, les espaces sans champ occupés par les électrodes d'injection et les dispositifs d'éjection, c'est la solution comportant trois sections droites successives B C D qui convient le mieux.

Par des déflexions pulsées appliquées en C et D on pourra amener le faisceau à être, en D, parallèle à l'orbite d'équilibre (ou à l'orbite fermée, si c'est sur celle-ci qu'on veut injecter) et à se trouver, à la section droite suivante occupée par une lentille de correction, à l'intérieur de la chambre à vide normale. Pour le ramener en coïncidence avec l'orbite d'équilibre (ou avec l'orbite fermée) il faudra encore rajouter, à un quart de longueur d'onde d'oscillation libre du point D (c'est à dire après quatre secteurs magnétiques) une déflexion supplémentaire de correction, d'ailleurs peu importante.



① , ⑥ , ①① , ①⑥ sections droites longues
 L lentilles
 RF cavités d'accélération

Figure 5 .

La figure 5 rappelle la disposition des électro-aimants dans une superpériode et la situation des lentilles et des cavités d'accélération. La figure 6 montre le schéma du dispositif d'injection. Le calcul plus détaillé en sera donné dans le rapport CERN-PS/JH 1.

Remarque.

En fait, il apparaît que la distance entre la position extrême de l'électrode de déflexion permanente située en B et le bord de la bande interdite comprise entre B et C ne permet pas d'injecter un faisceau de 30 micronradians. L'acceptance du synchrotron se trouverait aussi réduite, du fait des aberrations à environ 15 micronradians. Mais il doit être possible suivant une suggestion de M. G.N. Hine de corriger localement la distribution du champ, au moins pour les champs faibles régnant à l'injection et sans perturber le reste du cycle et de repousser le long d'un secteur magnétique

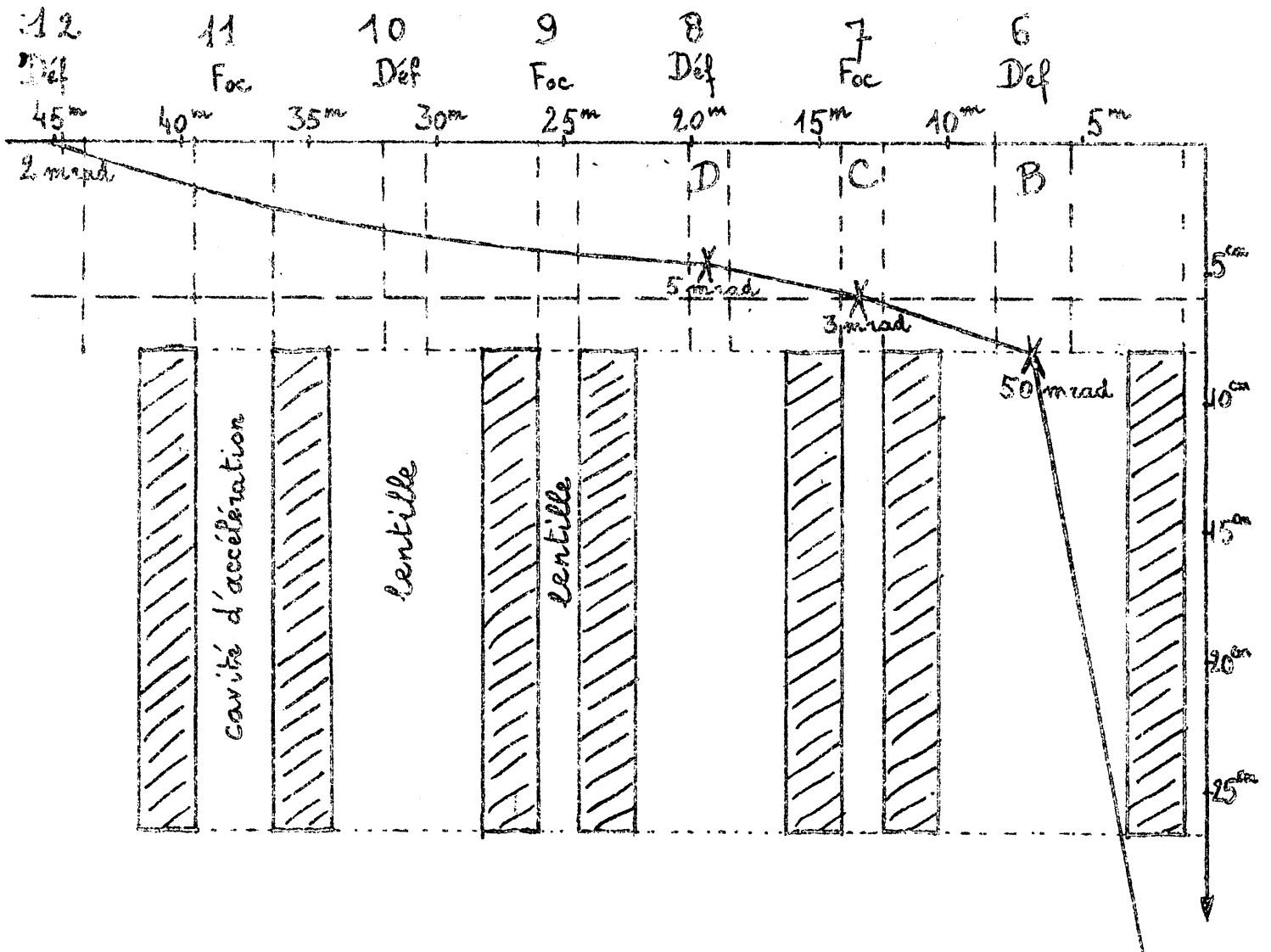


Figure 6 .

la zone interdite de 1 à 2 cm. L'acceptance de 30 microradians devient alors possible.

P. Lapostolle.