

ESSAI D'UNE CIBLE H<sub>2</sub> REFROIDIE A L'HELIUM LIQUIDE

Afin de diminuer les dangers dus à l'emploi de grosses quantités d'hydrogène liquide et au transport des dewars, surtout à l'intérieur du synchrotron, on a étudié la possibilité d'utiliser l'hélium liquide comme source de froid pour liquéfier l'hydrogène nécessaire à l'expérience.

Des calculs et différents essais ont été nécessaires pour arriver à de bons résultats en ce qui concerne principalement la consommation en hélium liquide et la régulation de la température de l'hydrogène liquide.

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

La Fig. 1 est un schéma de la cible, la Fig. 2 est un schéma de l'installation d'essais.

L'indicateur de niveau était du type capacitif déjà utilisé pour l'hydrogène liquide mais rendu plus sensible à cause de la constante diélectrique de l'hélium nettement plus basse.

En effet

$$\epsilon = 1.050 \text{ pour l'hélium liquide à } 1 \text{ atm.}$$

$$\epsilon = 1.227 \text{ pour l'hydrogène liquide à } 1 \text{ atm.}$$

On a fait des essais séparés sur l'indicateur afin d'obtenir une bonne linéarité de l'instrument et les résultats ont été assez satisfaisants.

La ligne de transfert était la même que celle utilisée pour l'hydrogène liquide. La régulation de pression de l'appendice d'hydrogène

liquide a été faite par un manomètre à contact électrique à basculeur à mercure qui ouvrait la vanne pneumatique  $V_{p1}$  et fermait la vanne électromagnétique  $V_{18}$  ou inversement.

De ce fait, l'échappement de l'hélium passait d'une façon intermittente, soit par le col du réservoir d'hélium, soit par l'appendice d'hydrogène, en réglant par conséquent la température de ce dernier.

Le régulateur de pression fonctionnait avec une différence de 20 gr/cm<sup>2</sup>.

Le transfert de l'hélium liquide s'est fait par pressurisation du dewar; on a donc utilisé le même panneau de remplissage que pour une cible à hydrogène.

La pression de transfert était de 50 + 60 gr/cm<sup>2</sup>.

Le réservoir tampon H<sub>2</sub> et l'appendice d'hydrogène ont été remplis à chaud à 2 atm. absolues et isolés de la bouteille par la vanne  $V_2$  et les vannes du manodetendeur.

En remplissant le réservoir d'hélium et en faisant circuler l'hélium gazeux d'échappement par la double paroi de l'appendice, on a refroidi et ensuite liquéfié l'hydrogène jusqu'à une pression d'environ 1.100 atm. abs. A cette pression l'appendice devait être pleine de liquide.

Chaque 100 gr de surpression dans le circuit H<sub>2</sub> équivalait à une diminution de 10 % du volume du liquide de l'appendice.

Le refroidissement de l'appendice, la liquéfaction de l'hydrogène et sa régulation thermique ont été faits aux dépens de l'hélium gazeux qui s'échappe du réservoir. De ce fait on utilise des frigories qui, normalement, seraient perdues.

Le calcul qui suit montre l'intérêt du système :

Energie nécessaire pour refroidir de 77° K à 20° K 1 gr.  
d'hydrogène :

$$H_{77} = 315 \text{ cal./gr.}$$

$$H_{20} = 172 \text{ cal./gr.}$$

$$\Delta H = 143 \text{ cal./gr.}$$

Masse d'hydrogène liquide de l'appendice  $0.124 \times 70 = 8.7 \text{ gr.}$

Energie de liquéfaction de l'hydrogène à 20° K  $108 \text{ cal./gr.}$

Energie totale pour refroidir et liquéfier l'hydrogène de  
l'appendice  $251 \times 8.7 = 2\,180 \text{ cal} = 8\,800 \text{ Joules}$

Si l'on suppose que l'hélium entre dans l'appendice à 4° K  
et sort à 20° K on aura

$$H_4 = 30 \text{ J/gr.}$$

$$H_{20} = 123 \text{ J/gr.}$$

$$\Delta H = 93 \text{ J/gr.}$$

La masse d'hélium nécessaire sera de  $8\,800/93 = 95 \text{ gr.}$

équivalent à 0.756 litres, quantité presque négligeable.

En marche normale, en se basant sur la même hypothèse que  
pour l'hélium qui entre dans l'appendice à 4° K et sort à 20° K, et  
en supposant qu'en moyenne l'équivalent de 1/10 de litre d'hélium liquide  
par heure passe par l'appendice, on a :

$$\text{Débit } 12.5 \text{ gr/h.} \quad \Delta H = 93 \text{ J/gr.}$$

Puissance calorifique disponible :  $1\,160 \text{ J/h.} = 0.32 \text{ W}$

Il faudrait donc que les pertes calorifiques de l'appendice  
ne soient pas supérieures à cette valeur. Il faut cependant noter que  
si l'appendice est complètement entourée d'un écran à 77° K et, de plus  
enveloppée de feuilles de mylar aluminisées, on aura facilement une

consommation inférieure. Si, par contre, on suppose qu'on a perdu 10% du liquide de l'appendice, il faudrait

$$880/0.32 = 2\,760 \text{ secondes supplémentaires}$$

pour rétablir l'équilibre.

Afin de diminuer les pertes par conduction dues à la suspension on a fait les modifications suivantes :

1. L'échappement de l'hélium se fait dans une surface annulaire de 3 mm de largeur et le parcours est spiralisé par une entretoise hélicoïdale (voir Fig. 1) et ceci afin d'augmenter le transfert de chaleur entre le gaz et la paroi de la suspension.
2. On a mis deux écrans polis dans le col de la suspension.
3. On a relié le col de la suspension au réservoir d'azote afin de diminuer les pertes par conduction de la suspension.

L'hydrogène gazeux est d'abord prérefroidi jusqu'à 77° K par l'azote liquide de l'écran; il est ensuite refroidi jusqu'à 20° K et liquéfié par l'hélium gazeux s'échappant du réservoir et ceci pendant le remplissage de ce dernier.

Une fois la pression désirée atteinte, le régulateur de pression dévie l'échappement d'hélium vers le col.

## ESSAIS

Les essais ont été faits dans le bâtiment "Hélium" de la Division T.C. afin de récupérer l'hélium gazeux.

Nous n'allons décrire ici que le dernier essai, qui a d'ailleurs été le plus concluant (voir Fig. 1)

Voici en résumé les caractéristiques principales de la cible :

Volume réservoir azote liquide	11 litres
" " hélium liquide	6 "
" appendice	0.12 "
Poids réservoir hélium et suspension	7 kg
" appendice	300 gr.
Volume réservoir tampon H <sub>2</sub>	125 litres

On a rempli le réservoir d'azote liquide au moins deux jours avant le remplissage d'hélium afin de prérefroidir le réservoir d'hélium aux dépens de l'azote liquide et aussi de mesurer la consommation en azote liquide.

Les 11 litres d'azote liquide se sont évaporés en 24 heures environ. Cependant, cette consommation sera sûrement inférieure quand le réservoir inférieur sera rempli d'hélium liquide et quand la cible aura atteint une température d'équilibre.

On a ensuite transféré l'hélium liquide en faisant passer l'échappement d'hélium par l'appendice.

La pression du réservoir H<sub>2</sub> a diminué jusqu'à une pression de 1 080 gr/cm<sup>2</sup> que l'on a réglée à une sensibilité de 20 gr/cm<sup>2</sup>.

On a rempli automatiquement le réservoir d'hélium et d'azote.

La quantité d'hélium liquide utilisée pour prérefroidir le réservoir et l'appendice était de 4.5 litres environ. La quantité d'hélium liquide nécessaire pour refroidir sans récupération un kg d'acier inoxydable de 77° K à 4° K est de 1.38 litres; on aurait dû consommer 1.38 x 9.7 litres.

On peut en déduire que l'on a récupéré une partie de la chaleur spécifique de l'hélium gazeux pour le refroidissement du réservoir.

Le niveau d'hélium a été enregistré; on a rempli le réservoir toutes les 12 heures. En moyenne la consommation a été de 0.5 litres par heure, d'hélium liquide. Environ une heure après chaque remplissage la consommation descendait à 0.3 litre par heure.

Un dewar de 50 litres d'hélium liquide a duré un peu plus de deux jours.

### CONCLUSIONS

Les essais faits sur une vieille cible à hydrogène modifiée, montrent que l'on peut arriver à diminuer la consommation en hélium liquide de façon à la rendre comparable à celle des cibles à hydrogène. L'avantage qui en résulte est considérable. En effet, on élimine complètement les installations de sécurité et leur surveillance.

Pour la cible du faisceau  $e_3$ , on peut dire que tous les risques d'explosion sont pratiquement éliminés dans l'anneau. En effet, la masse d'hydrogène liquide (0.125 litres à 20° K) correspond à environ 100 litres de gaz en conditions "standard". Le volume du vide étant de loin supérieur à 100 litres, on ne pourra pas avoir une surpression quelconque en cas de rupture de l'appendice.

Section Hydrogène MPS  
(L. Mazzone)

### Distribution (ouverte) :

Section Hydrogène  
Opérateurs de Zone

G. Cocconi  
A. Diddens  
J. Geibel  
J.H.B. Madsen  
G.L. Munday  
G. Rosset  
P.H. Standley  
A. Wetherell

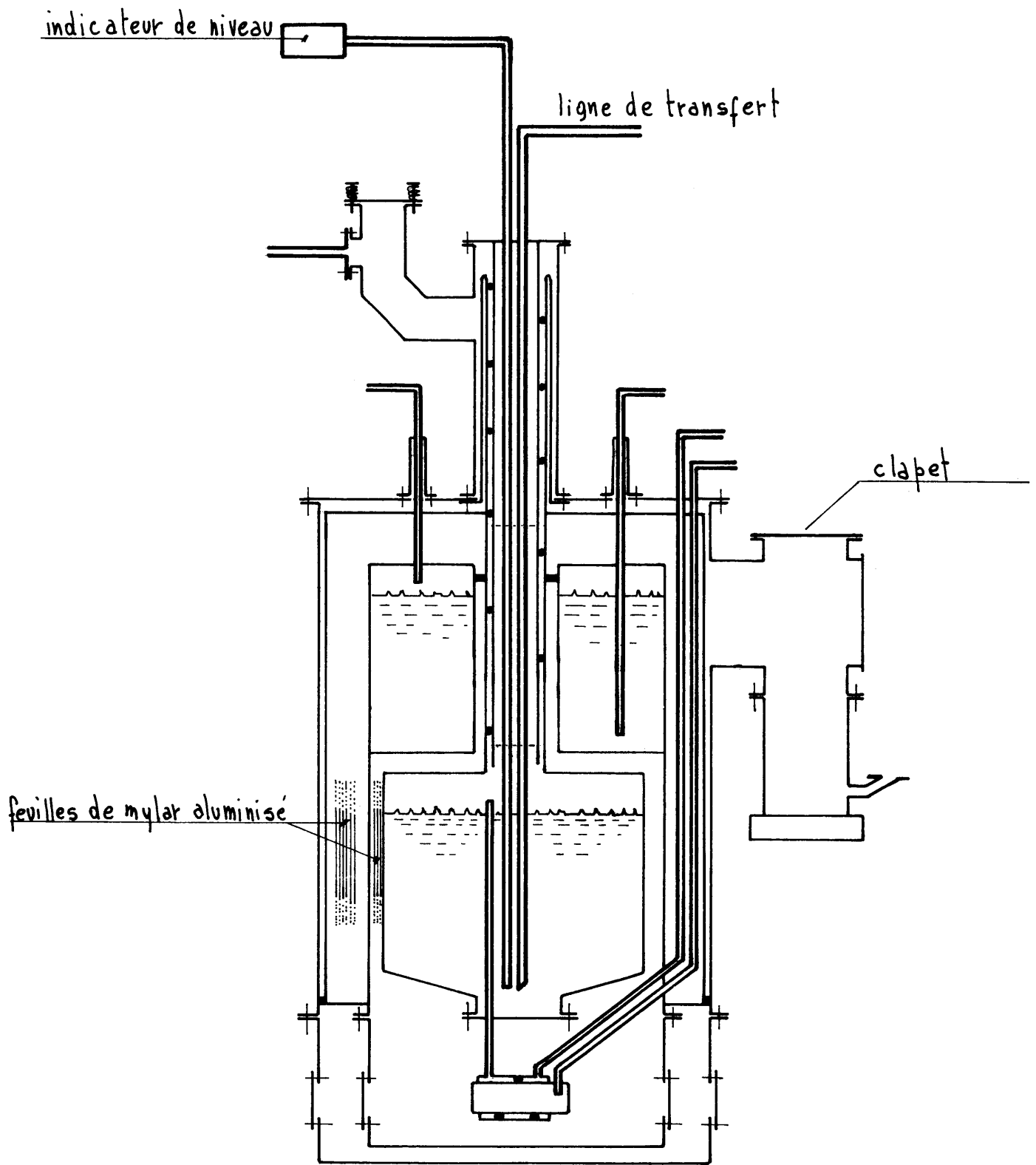


fig. 1

$$S = -0.049$$

angles in mr  
r.t. equilibrium orbit

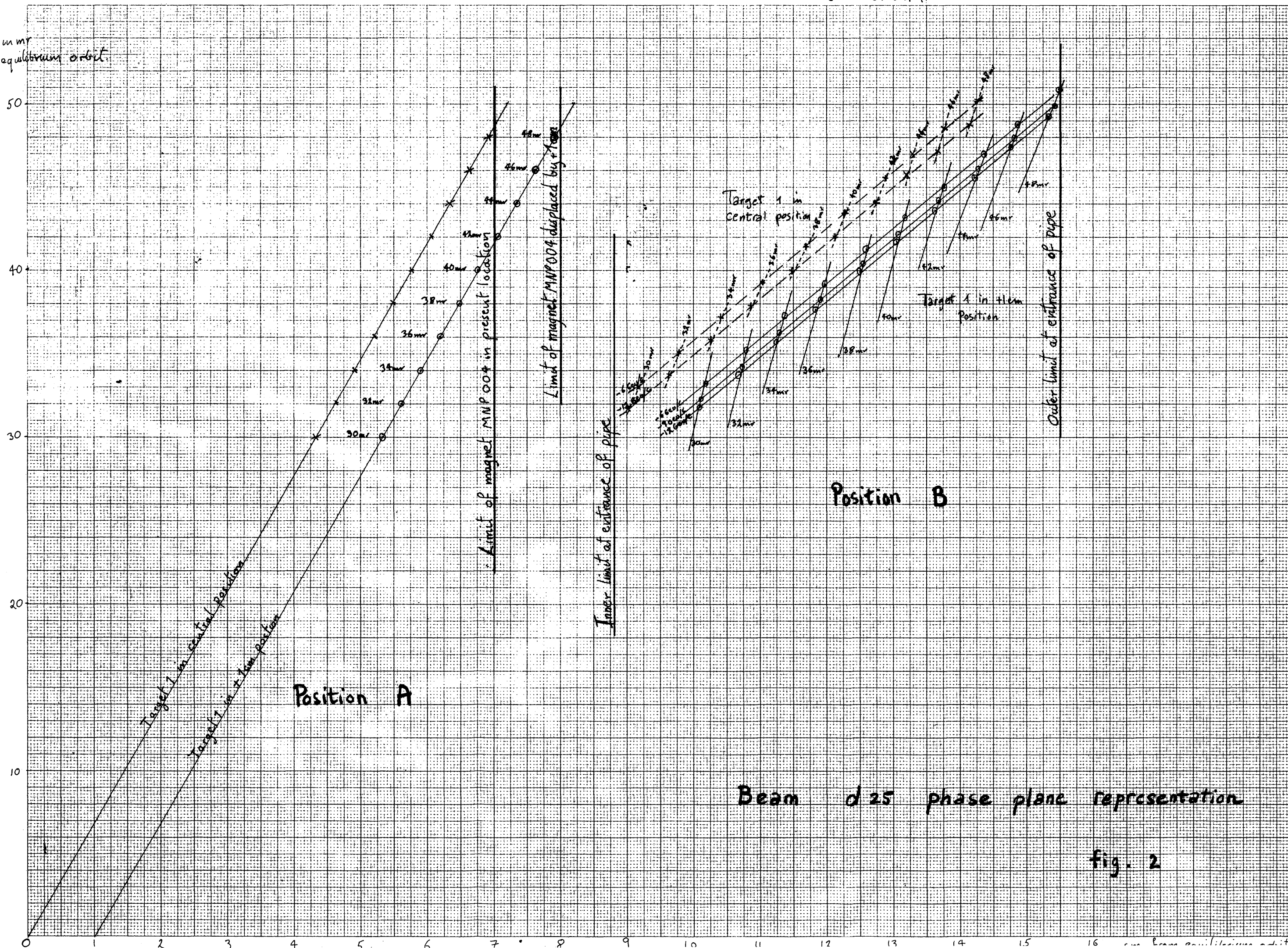


fig. 2



$$S = 1.025$$

Angles in mrad  
from Equil. orbit

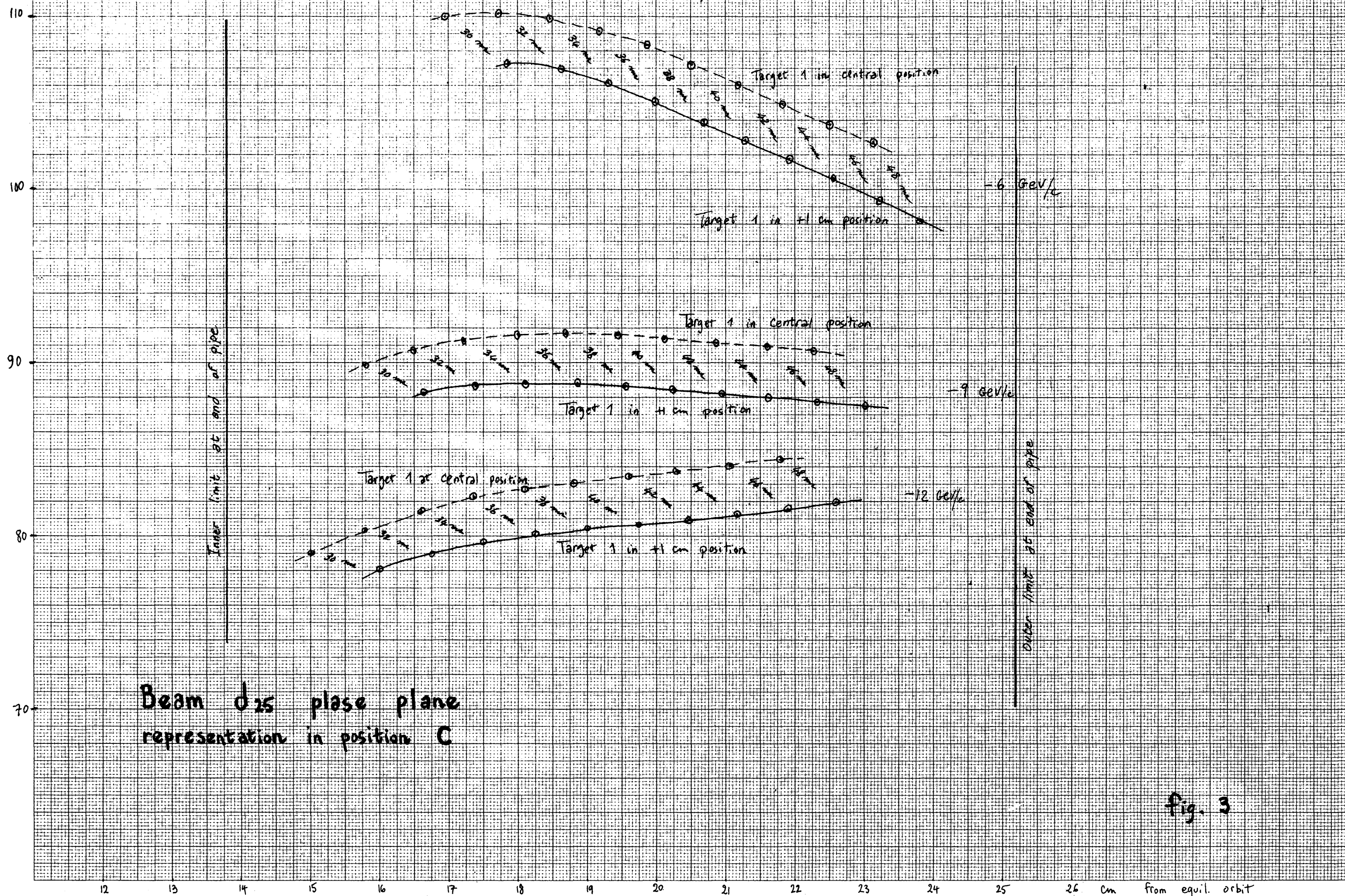


fig. 3



$$\lambda = -1.001$$

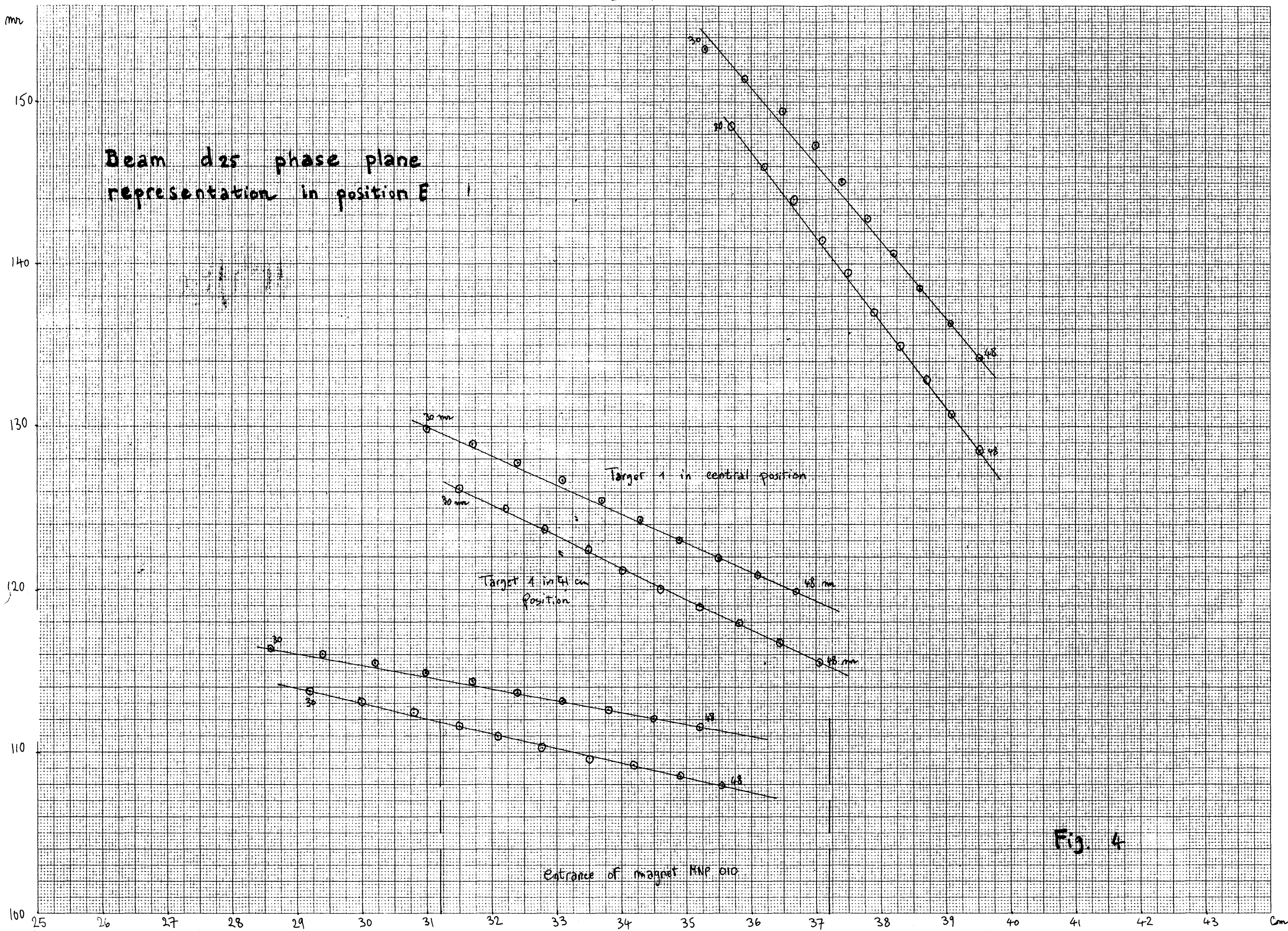
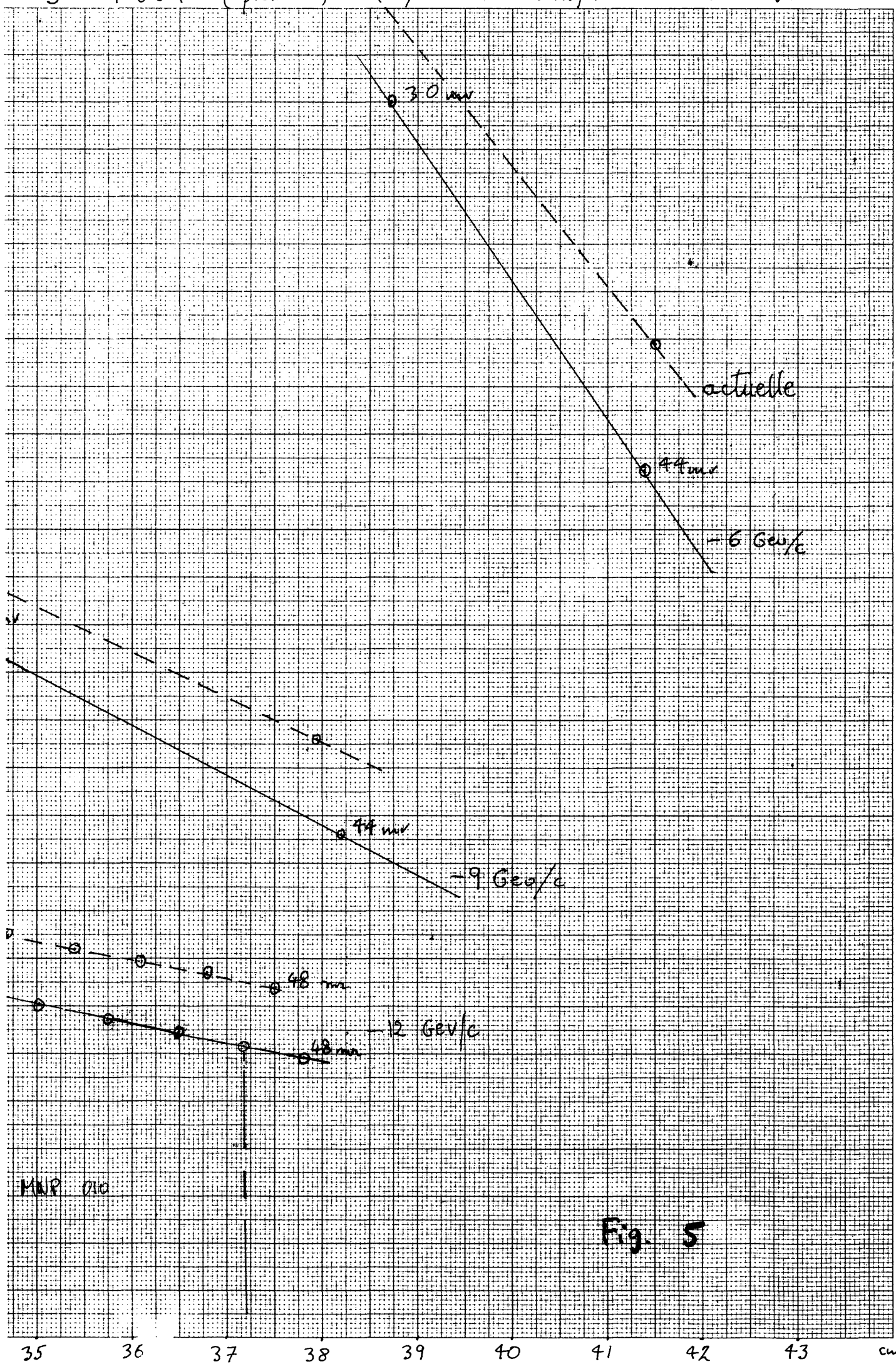


Fig. 4

$S = -1.684$  (present, + 1 km) - Shift U. 20 m DOWNSTREAM



MWP 010

Fig. 5

35 36 37 38 39 40 41 42 43 cm



$S = 2126$  (present, +1cm) + shift of 0.25 m

### Beam d25 phase plane representation in position D

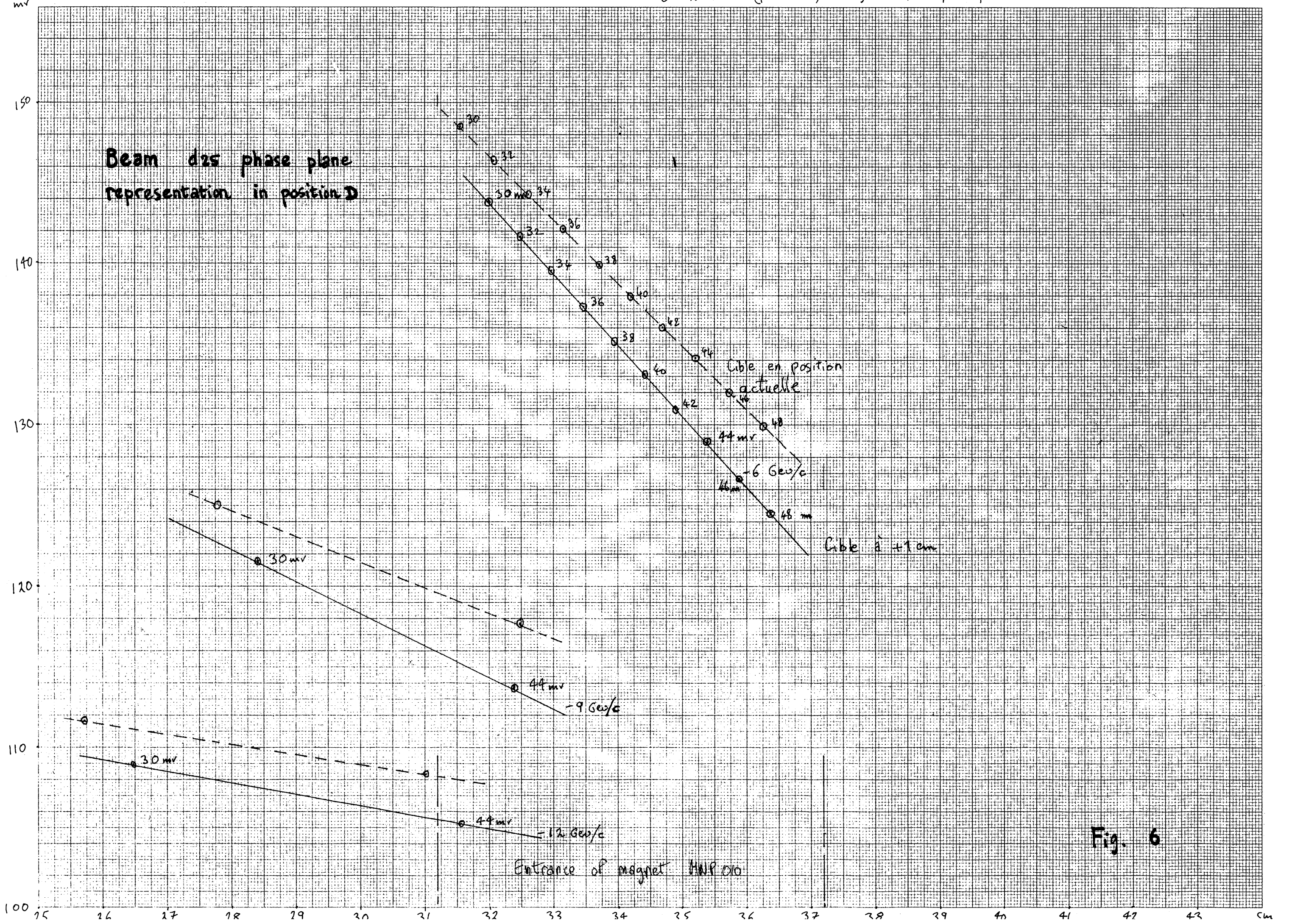


Fig. 6