

MISE AU POINT DES FAISCEAUX e_{13}

(Ejection lente 62)

M. Chassard, D. Dumollard, D.J. Simon

Cette note comprend deux parties que l'on peut consulter séparément:

1. Un résumé de la procédure à utiliser pour régler les faisceaux e_{13} (en début de run ou lorsque les paramètres de l'éjection ont été modifiés); la méthode préconisée est basée sur l'expérience accumulée pendant une année d'opération (pages 2 à 9).
2. La description de quelques réglages que l'on peut être amené à faire en cours de run, à savoir:
 - A. Changement de la répartition des protons dans les branches (pages 11 et 12).
 - B. Coupure d'une branche (pages 13 et 14).
 - C. Réglage des aimants pulsés (pages 15 et 16).

En annexe, on trouvera quelques références que l'on peut consulter "pour en savoir davantage" sur un point particulier (page 17).

Distribution: ouverte (voir dernière page)

PREMIERE PARTIE: Procédure de réglage des faisceaux

Rappelons que le faisceau éjecté est partagé en trois branches à l'aide des deux septa MNP35-1 (S_1) et MNP35-2 (S_2) qu'il s'agit de franchir en perdant un minimum de protons.

Il faut d'abord ajuster la ligne principale e_{13} avant d'alimenter les branches e_{13} -Sud puis e_{13} -Nord.

On suivra la description ci-dessous sur les figures 1 (optique) et 2 (disposition).

1. Branche principale

On démarre avec les courants nominaux dans les aimants de déflexion et de focalisation, mais:

- les aimants de correction sont à zéro,
- les septa de partage S_1 et S_2 sont hors du faisceau.

1.1 Ligne horizontale (H)

- Centrer le faisceau à TV_2 avec le septum d'éjection 62.
- Ajuster M226 (H) (les aimants M226 et M101 sont en série, n'agir que sur M226) de façon que le faisceau soit $\approx 1,5$ mm à gauche sur TV_4 ¹⁾.
- Ajuster MNPA15 (H) pour placer le faisceau 32 mm à gauche sur TV_5 .

Règle pratique: en première approximation, MNPA15 n'agit pas sur la position du faisceau à l'entrée de S_1 (TV_4), mais permet de régler l'angle de passage dans S_1 (\equiv déplacement en TV_5).

1) TV_4 est décentrée: elle est trop basse de 3,5 mm et trop à droite de 1,5 mm.

- Le faisceau doit alors être centré en TV_6 (important).
Sinon, retoucher légèrement M226 et MNPA15.
- Ajuster MNPA03 (H) pour que le faisceau soit 35 mm à droite sur TV_8 ; il doit alors être centré sur TV_7 .

MNPA03 est le seul aimant H entre S_1 et S_2 : il ne permet donc pas de régler à la fois la position du faisceau à l'entrée (TV_7) et à la sortie (TV_8) de S_2 . Mais si la ligne est bien réglée avec M226 et MNPA15, il n'y a pas de problèmes.

- Ajuster MNPA08 (H) pour centrer le faisceau à TV_{10} (cible p_{14}).
Régler la deuxième consigne de l'aimant pulsé M105-02 (H)²⁾
pour corriger le mouvement du faisceau à TV_{10} . Le faisceau doit être centré à TV_9 ; sinon retoucher légèrement M105-02 (consignes 1 et 2), et centrer à nouveau en TV_{10} avec MNPA08.

1.2 Ligne verticale (V)

- On utilise les aimants verticaux MNPA11 (V) et MNPA19 (V) placés au début du faisceau. Ils permettent de changer le nivellement (jusqu'à $\pm 8,5$ mm environ) et l'angle vertical du faisceau (voir figure 3), donc de le centrer sur TV_5 et TV_6 . Vérifier qu'il est 3,5 mm au-dessus de l'axe de TV_4 ¹⁾.
- Régler MNPA14 (V) pour centrer le faisceau sur TV_7 / TV_8 , puis M45-02 (V) pour le centrer en TV_9 / TV_{10} .

2) Les aimants pulsés M105/01-02-03 servent simultanément à centrer les faisceaux (plan H) et à corriger leur mouvement aux cibles; ne pas dépasser $I \approx 150$ à 175A (600 à 700 mV lus) pour C_1 ou C_2 .

1.3 Optique

Au passage de chaque septum de partage S_1 et S_2 , le faisceau doit être focalisé dans le plan H et parallèle dans le plan V. Sa hauteur h_2 dans S_2 ne dépend que de sa hauteur h_1 dans S_1 avec l'optique afocale utilisée entre S_1 et S_2 ($h_1 \approx 1,65 h_2$). Pour une même optique, h_1 peut varier d'un run à l'autre, elle dépend de l'émittance du faisceau éjecté qui varie elle-même selon le mode de fonctionnement du PS (intensité, booster, cible interne etc.).

a) Optique verticale

- Observer la hauteur du faisceau h_1 en TV_4 : elle doit être de 70 mm au maximum (passage dans TV_6 : \emptyset 80 mm). L'ajuster si nécessaire à l'aide de Q12-04 (augmenter le courant pour diminuer h_1), puis régler Q610 selon la courbe fig. 4 pour que le faisceau reste parallèle.

Cette manipulation laisse l'optique du plan horizontal invariante, car ces deux quadrupôles sont placés à proximité de foyers horizontaux.

- Contrôler le parallélisme en observant simultanément TV_4 et TV_5 : la dimension verticale doit être la même. On obtient un contrôle plus précis en introduisant S_1 largement ouvert ($d_1 \geq 10$ mm) dans le faisceau et en observant l'ombre des couteaux du septum sur TV_5 et TV_6 : leur écartement doit être identique (fig. 6). Sinon, corriger légèrement Q610 selon la fig. 5 (plan H invariant).

En pratique, la courbe de la fig. 4 donne un réglage correct. Ne pas tirer de conclusions sur le parallélisme en observant l'ombre de S_1 faiblement ouvert; la méthode est d'autant plus précise que l'écartement des couteaux est plus grand.

- Enlever S_1 .
- Contrôler le faisceau après le doublet afocal Q120-05/Q120-01: il doit être parallèle, sa hauteur h_2 doit être la même sur TV₇, TV₈ et TV₉ ($h_2 \neq 1,65 h_1$). Le contrôler plus précisément en introduisant S_2 largement ouvert dans le faisceau ($d_2 \geq 10$ mm). L'ombre des couteaux doit être de même dimension sur TV₈ et TV₉.

En cas de nécessité, on peut ajuster le parallélisme dans S_2 en agissant sur le doublet Q120-05/Q120-01 selon les courbes de la fig. 7 (en suivant la courbe correspondant à la position invariante du foyer H).

Mais l'expérience prouve que le parallélisme est, en général, assez bon avec les valeurs théoriques dans ces 2 lentilles.

- Enlever S_2 .

b) Optique horizontale

Il est important que la dimension H du faisceau soit aussi petite que possible au passage de S_1 et S_2 si l'on veut obtenir des pertes minimales.

En général, les foyers H sont assez bien placés dans S_1 et S_2 avec les courants nominaux dans les lentilles. Relever les dimensions H du faisceau en TV₄ et TV₅ (passage de S_1), puis en TV₇ et TV₈ (passage de S_2). Comparer avec les valeurs théoriques.

Pour déplacer la position des foyers sans modifier le plan V:

- utiliser Q120-03 pour le foyer dans S_1 (courbe fig. 8);
le foyer dans S_2 ne bouge pratiquement pas (fig. 9);

- utiliser le doublet Q120-05/Q120-01 selon les courbes de la fig. 7 pour le foyer dans S_2 .

1.4 Derniers réglages

Parfaire la focalisation du faisceau en TV_{10} (cible p_{14}/t_4) à l'aide de Q209 (V) et Q234 (H). Faire des comptages SEC2/SEC1 et Anneaux SEC2/SEC2 avec et sans cible.

SEC1 et SEC2 donnent respectivement les intensités au début et à la fin du faisceau. Ces comptages permettent d'étalonner les deux chambres à émission secondaire l'une par rapport à l'autre sans septa de partage, donc en principe sans pertes si le faisceau est bien réglé (on observe en général $SEC2/SEC1 \approx 1,05$ à $1,10$).

- Introduire successivement S_1 seul, puis S_2 seul, dans le faisceau; en faisant les mêmes comptages, on en déduit les pertes géométriques provoquées par chacun des septa de partage. Avec les 2 septa non alimentés dans le faisceau, on peut alors optimiser tous les réglages décrits ci-dessus (ligne H, ligne V, parallélisme V, position des foyers H, etc.) pour réduire les pertes en observant SEC2/SEC1 et ANN. SEC2/SEC2 sur le STAR DISPLAY.

Les pertes sont minimales lorsque l'on a simultanément SEC2/SEC1 maximal et ANN. SEC2/SEC2 minimal.

2. Branche e_{13} -Sud

- Alimenter S_1 après avoir réglé son ouverture. Ajuster son courant de façon que le faisceau défléchi soit 32 mm à droite de l'axe sur TV_5 (position symétrique de la partie non défléchie, voir fig. 10). Centrer le faisceau sur TV_{11} en agissant très légèrement sur le courant dans S_1 puis sur MNP23-1 si nécessaire (s'écarter le moins

possible de la valeur théorique). Centrer en TV_{12} avec les aimants ME15-01 et -05, puis M105-01 (H)²⁾ et MNPA30 (V).

Il faut ensuite focaliser le faisceau avec soin en TV_{12} (cible k_{19} "de transmission") à l'aide de Q120-04 (H) et Q120-06 (V); la dimension de l'image à la cible suivante (faisceau s_7) dépend de la qualité de cette focalisation.

- Introduire en TV_{12} la cible qui sera utilisée par k_{19} (en général $W\ 2x5x25\ mm^3$) et régler le faisceau sur TV_{13} , en utilisant MC204 et M30-06 (pulsé) dans le plan H, MNPA31 dans le plan V, et les lentilles Q205 (H) et Q206 (V) pour la focalisation.

Ne pas modifier le courant dans M106/M103 (en série): l'aimant M103 fixe la quantité de mouvement du faisceau secondaire k_{19} .

Il faut ensuite déplacer le foyer sur la cible du s_7 ($\approx 0,88\ m$ en aval de TV_{13}). Pour cela, diminuer le courant dans Q206 de 5,2 % et la tension du rhéostat (Q205) de:

$$\Delta U_{(mV)} = 3,1\ \%. \quad I_{Q206}(A)\ \text{initial.}$$

Si l'on change la cible du k_{19} , on doit faire un nouveau réglage du faisceau sur TV_{13} (position H et focalisation) à cause de la différence de perte d'énergie subie dans la cible par les protons transmis.

Faire des comptages. En enlevant la cible du k_{19} , on doit avoir (SEC4/SEC3) $\neq 1$; sinon modifier légèrement la ligne verticale (MNPA30 (V) puis MNPA31 (V)), le passage vertical dans M106 est délicat.

3. Branche e_{13} -Nord

Le décalage vertical (13 mm) de S_2 rend nécessaire une correction "en S" pour ramener l'axe optique du faisceau au niveau de l'axe géométrique des éléments; c'est le rôle des aimants verticaux M45-01 et MNPA50.

- Introduire S_2 dans le faisceau. Régler son ouverture, puis ajuster son courant de façon que la partie défléchie soit 35 mm à gauche de l'axe de TV_8 (position symétrique de la partie non défléchie, voir fig. 11).
- Centrer le faisceau sur TV_{14} avec MNP19-b (H) et M45-01 (V), puis sur TV_{15} (cible p_{16}/c_9) avec M105-03²⁾ (H) et MNPA50 (V). Laisser MNP23-3 et M224 aux valeurs théoriques. Focaliser avec Q207 (H) et Q120-02 (V). Mettre la cible en place.

L'intensité du faisceau c_9 (protons diffusés dans la cible du p_{16}) dépend essentiellement de l'angle vertical d'incidence du faisceau de protons sur la cible. Sur demande des physiciens du c_9 , faire un "scan" de cet angle en faisant varier M45-01 (V): pour chaque valeur du courant dans cet aimant, recentrer le faisceau sur la cible (TV_{15}) à l'aide de MNPA50 (V) et demander l'intensité obtenue au c_9 . Ne pas envoyer plus de 10^9 protons par impulsion dans la zone du c_9 .

4. Fin du réglage

- L'introduction des septa de partage a comme résultat de défocaliser le faisceau principal en TV_{10} (champs de fuite). Ajuster à nouveau le dernier doublet Q209/Q234 et éventuellement la ligne H avec MNPA-08.
- Vérifier que tous les écrans TV sont hors du faisceau.

- Faire un comptage général, sans et avec cibles.
- Noter les courants utilisés.
- Arrêter les aimants de correction non utilisés (ripple).
- Demander aux physiciens s'ils sont satisfaits.

A. Changement de la répartition des protons dans les branches

En général, les trois branches e_{13} , e_{13} -Sud et e_{13} -Nord sont alimentées simultanément. Il peut arriver en cours de run qu'il soit nécessaire de modifier la distribution d'intensité qui a été fixée lors du setting-up. Cette opération se fait en changeant l'ouverture d'un septum de partage (éventuellement des deux).

En première approximation, on peut admettre que l'intensité dans une branche dérivée (Nord ou Sud) est proportionnelle à l'ouverture du septum correspondant.

Pour changer l'ouverture d'un septum de partage, il est nécessaire d'arrêter le redresseur qui l'alimente (MNP35-1/Sud alimenté par R115, MNP35-2/Nord alimenté par R118). Toute l'intensité qui était dérivée se retrouve alors dans la branche principale, ce qui peut poser des problèmes pour les physiciens concernés (p_{14}/t_4) ou même être dangereux pour la cible si l'intensité est trop forte.

C'est pourquoi il est recommandé de procéder de la façon suivante:

1. Avertir les physiciens du réglage qui va intervenir. Si l'intensité sur la cible principale (p_{14}/t_4) doit dépasser 2×10^{12} ppi pendant le réglage, enlever cette cible.
2. Contrôler la ligne horizontale du faisceau (passage dans les septa, centrage sur TV, etc.). L'ajuster si nécessaire.
3. Demander aux générateurs Est d'arrêter le redresseur correspondant au septum à ajuster.
4. Modifier l'ouverture de ce septum.
5. Demander la mise en route du redresseur en polarité positive.
6. Ajuster son courant pour que le faisceau dérivé soit centré à la cible, en TV_{12} s'il s'agit de la branche Sud ou en TV_{15} s'il s'agit de la branche Nord.

Contrôler sur les TV intermédiaires que le faisceau est bien placé (notamment en TV₅ ou TV₈ selon le cas, voir figures 10 et 11).

7. Mettre les cibles en place et faire des comptages. Noter les nouveaux courants utilisés.

B. Coupure d'une branche

Il arrive parfois que l'on doive couper une des trois branches du faisceau éjecté en cours de run, par exemple en cas de dépassement de puissance, sur décision du coordonnateur.

En règle général, et sauf avis contraire:

- si l'arrêt est prévu pour une durée inférieure à 24 heures, baisser seulement les courants des éléments mentionnés ci-dessous à environ 50 mV et ne pas toucher aux aimants pulsés (M105/01-02-03 et M30-06).
- si l'arrêt est prévu pour une durée plus longue, faire stopper tous les redresseurs.

1. Branche e₁₃-principale

Ne pas couper les alimentations du faisceau primaire (jusqu'à TV₁₀). Baisser (ou stopper) seulement les alimentations des faisceaux secondaires (p₁₄ et t₄).

2. Branche e₁₃-Sud

- Faire stopper le redresseur R115 qui alimente le septum de partage MNP35-1, puis sortir le septum du faisceau.
- Baisser (ou stopper) ensuite toutes les alimentations de e₁₃-Sud, de MNP23-1 (G25//G26) à M30-06 (R114).
- Baisser (ou stopper) les alimentations des faisceaux secondaires k₁₉ et s₇.
- En cas de coupure de s₇ seul, ne pas toucher aux éléments de la branche primaire e₁₃-Sud.

3. Branche e_{13} -Nord

- Faire stopper le redresseur R118 qui alimente le septum de partage MNP35-2, puis sortir le septum du faisceau.
- Baisser (ou stopper) toutes les alimentations de e_{13} -Nord, de MNP23-3 (MFO Sud) à M224 (R209).
- Baisser (ou stopper) les alimentations des faisceaux secondaires p_{16} et c_9 .

Remarque: Tous les protons de la branche que l'on coupe (e_{13} -Sud ou e_{13} -Nord) se retrouvent dans la branche principale. Il faut donc s'assurer que les faisceaux p_{14} , t_4 acceptent une intensité plus grande. Sinon, il faut diminuer l'intensité éjectée en SE62.

C. Réglage des aimants pulsés

Ces aimants à déflexion horizontale sont placés en amont de chacune des quatre cibles, pour ajuster et stabiliser la position du faisceau pendant la durée de l'éjection.

Le courant de chaque aimant peut être programmé pour produire une variation linéaire du champ magnétique pendant la durée de l'éjection (fonctionnement PROG = programmé), ou contrôlé automatiquement par des détecteurs placés sur le faisceau (fonctionnement F.B. = feedback).

Le choix du type de fonctionnement s'effectue à l'aide de touches PROG-F.B. sur un châssis une unité situé au milieu de MR128. Le réglage du F.B. est possible uniquement depuis la salle APRON (hall Est); par contre, le réglage en PROG. s'effectue au MCR.

Chaque aimant pulsé a 2 canaux sur le châssis "selection unit" de MR127: la première consigne C_1 donne le courant continu dans l'aimant, la deuxième consigne C_2 donne le courant à la fin de l'éjection (voir fig. 12). On les règle séparément à l'aide des boutons-poussoir du châssis "control unit". C_1 est lisible sur le voltmètre digital de MR127 (en-dehors de la durée d'éjection), C_2 doit être relevé sur l'oscilloscope de MR130 où le cycle complet de la fig. 12 est visible.

A la fin du setting-up, tous les aimants sont réglés, en PROG. ou en F.B. En cas de nécessité, on peut modifier leur réglage de la façon suivante:

- Passer en PROG.
- Régler successivement les consignes C_1 (déplacement horizontal du faisceau), puis C_2 (correction du mouvement du faisceau pendant la durée de l'éjection).
- Ne pas repasser en F.B.

Les aimants utilisés sont les suivants:

| Branche | Aimant | Action sur: | Redresseur associé | Mode de fonctionnement |
|----------------|---------|--|---------------------|------------------------|
| e_{13} | M105-02 | TV ₁₀ (cible p_{14}/t_4) | T _{1b} -10 | PROG. ou F.B. |
| e_{13} -Sud | M105-01 | TV ₁₂ (cible k_{19}) | T _{1b} -15 | PROG. ou F.B. |
| e_{13} -Sud | M30-06 | TV ₁₃ (cible s_7) | R ₁ -14 | PROG. |
| e_{13} -Nord | M105-03 | TV ₁₅ (cible p_{16}/c_9) | T _{1b} -14 | PROG. ou F.B. |

Remarque: Les redresseurs type T_{1b} peuvent être utilisés en "push-pull". Dans ce cas, leur courant peut traverser la valeur zéro.

Distribution: (ouverte)

Groupe MU: L. Hoffmann
W. Heinze

Groupe OP: P. Asboe-Hansen R. Ley
G. Azzoni D. Marais
L. Blanc R. Martin
N. Blazianu A. Nicoud
J. Boillot M. Perfetti
M. Bouthéon J.P. Potier
E. Brouzet J.P. Riunaud
B. Canard G. Rosset
G. Caniac M. Ruelle
R. Capi C. Saulnier
G. Cyvoct V. Schou
D. Dekkers Ch. Steinbach
R. Eisenmann A. Valvini
A. Faugier P. Van der Stok
B. Frammery
D. Gueugnon
L. Henny
G. Jubin

A N N E X E

Pour en savoir davantage sur:

Les faisceaux

- Optique: MPS/MU/EP/NOTE 74-22, D. Dumollard, D.J. Simon
Projet des faisceaux e_{13} pour 1975 (éjection lente 62).
- Vide: MPS/MU/I/NOTE 75-9, O. Martin
Etude et réalisation du système de vide à joints métalliques pour les faisceaux éjectés de la zone Est.
- Contrôle du vide: MPS/MU/S/NOTE 75-7, R. Coccoli, P. Simon
Système de pompage pour faisceaux éjectés et secondaires.

Les septa de partage

- Principe: NP Internal Report 69-15, G. Petrucci
Splitting of the slow extracted proton beam.
- Commande: MPS/CO-Note 73/13, D. Gueugnon
Commande à distance des aimants à septum MNP35 (SE62-MR126).

Les dispositifs de stabilisation des faisceaux sur les cibles

- Réglage des consignes: MPS/MU-Note/EP 73-8, D.J. Simon
Réglage des aimants pulsés des faisceaux e_9 -SE62.
- Principe du "feedback": CERN/MPS-MU/EP 71-3, D.J. Simon, R. Michelier
Essais d'un système automatique et non destructif pour la stabilisation des faisceaux éjectés lentement.
- Fonctionnement du "feedback": PS/MU/EP/NOTE 76-2, M. Chassard, D.J. Simon
Dossier technique du système "feedback".

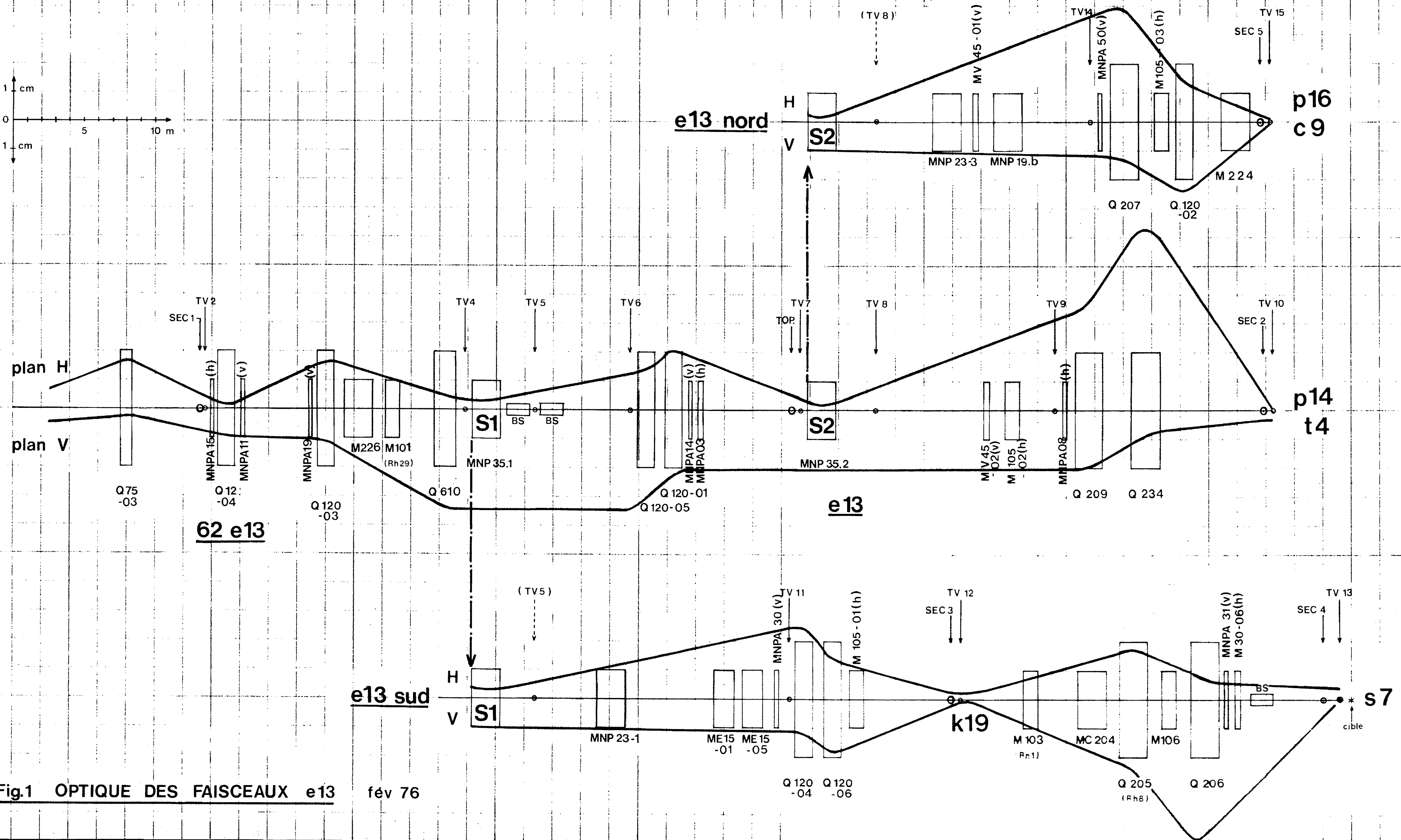
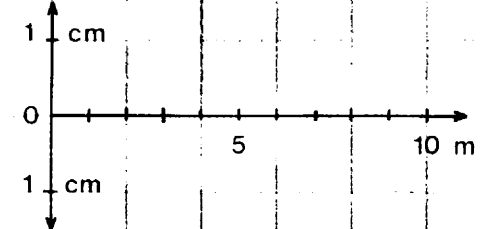


Fig.1 OPTIQUE DES FAISCEAUX e13 fév 76

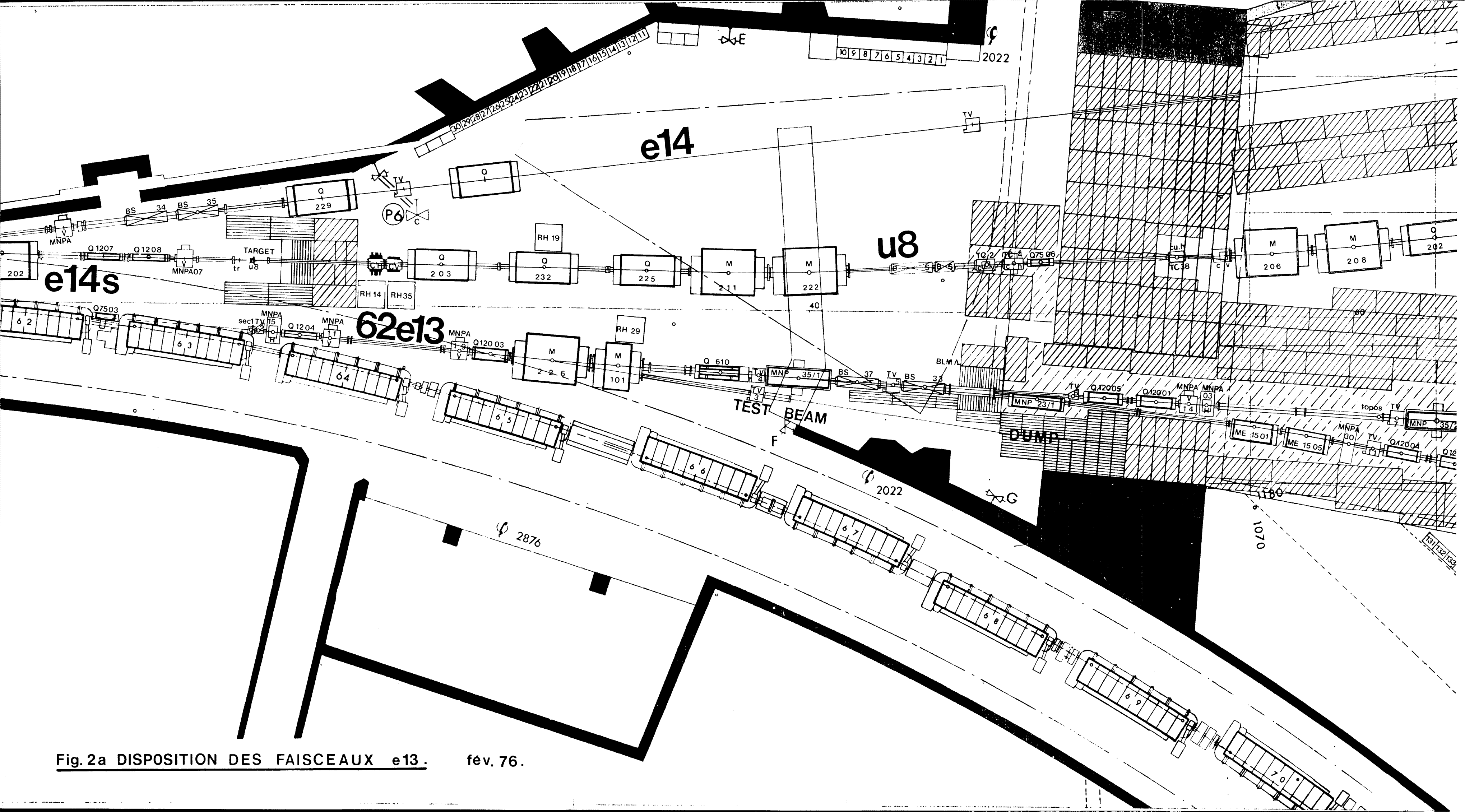


Fig. 2a DISPOSITION DES FAISCEAUX e13. fév. 76.

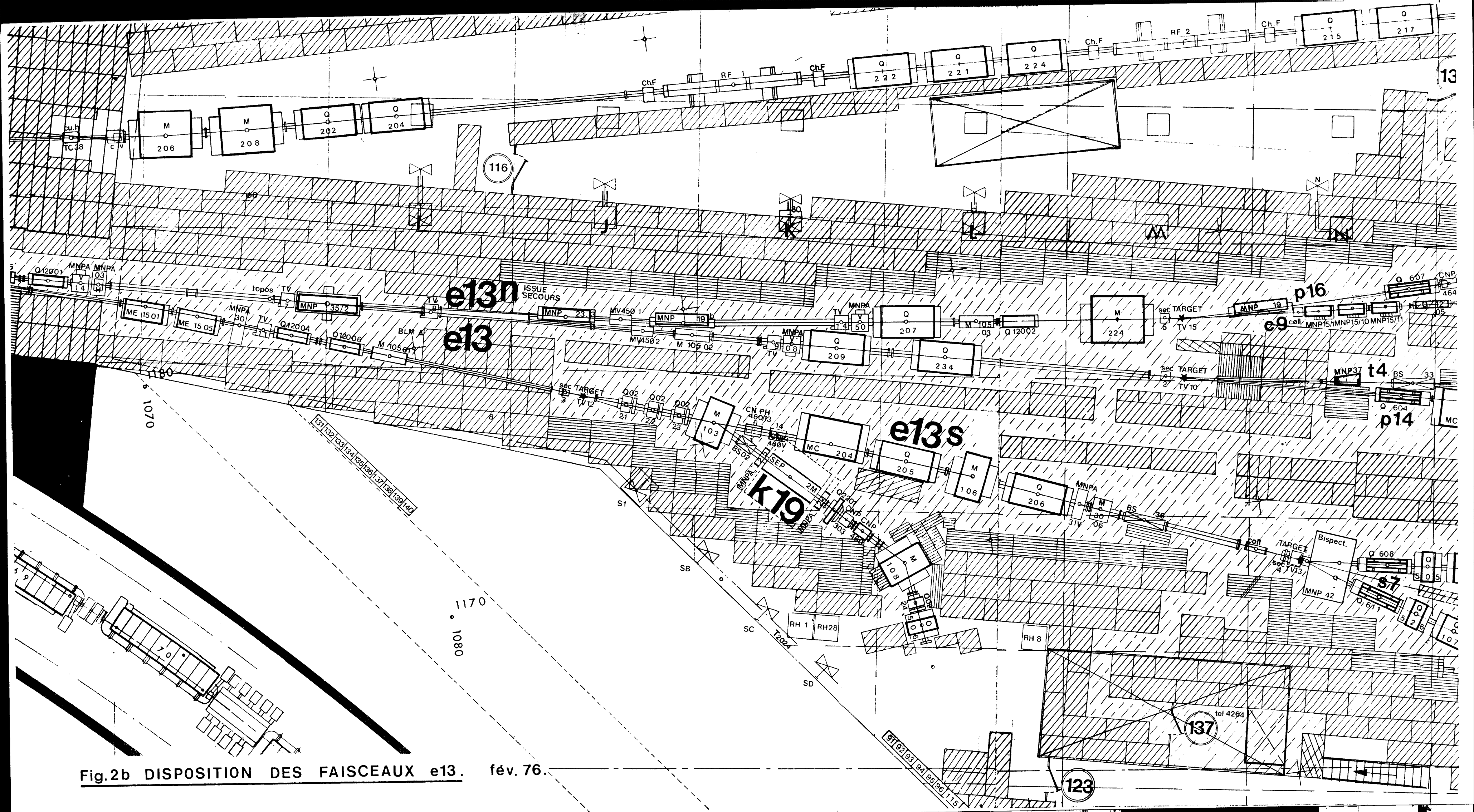
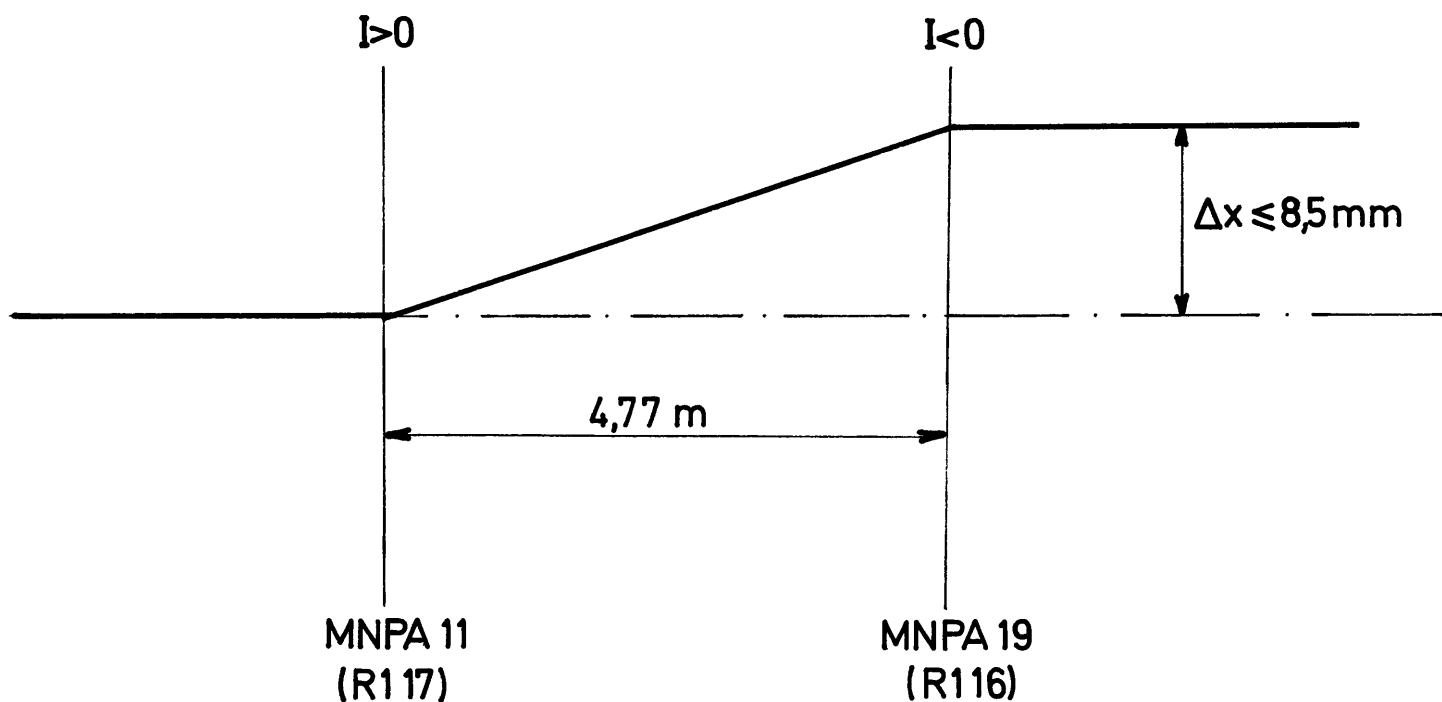


Fig.2b DISPOSITION DES FAISCEAUX e13. fév. 76.



$I < 0$: Déflexion vers le bas

$P = 24 \text{ GeV/c} : 250 \text{ A} \approx 1 \text{ mrd}$

- changement de nivellement : les 2 aimants doivent obligatoirement être de signes opposés.
- changement d'angle : utiliser 1 seul aimant, MNPA 11 de préférence.

Fig.3: Correction du nivellement de 62 e_{13} avec MNPA 11 et MNPA 19

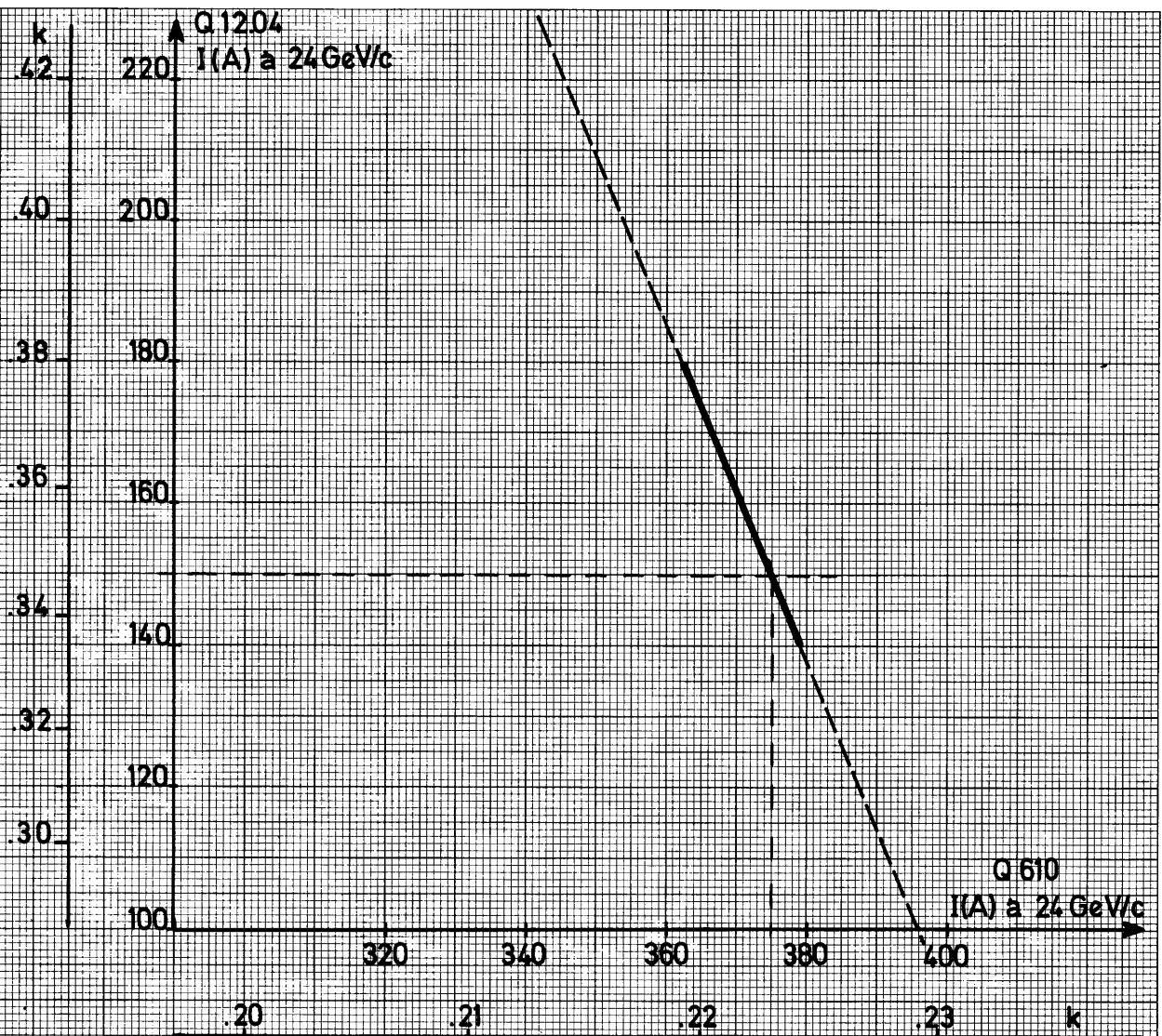


fig.4: PLAN V : Faisceau parallèle dans S1, plan H invariant.

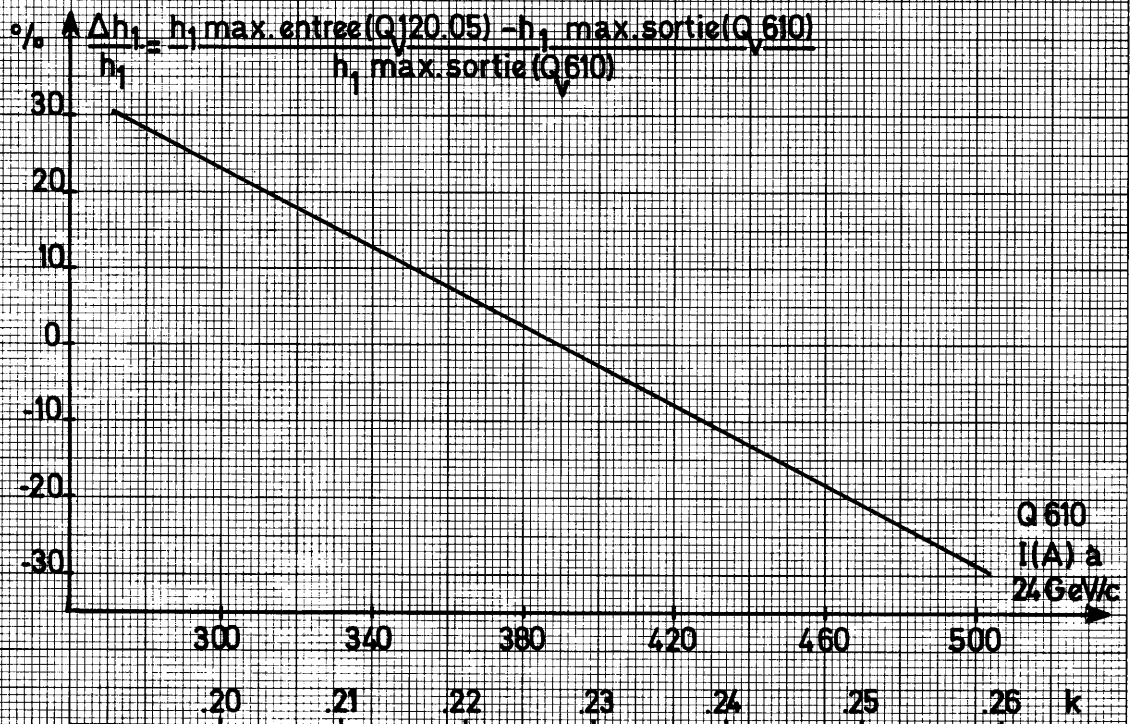
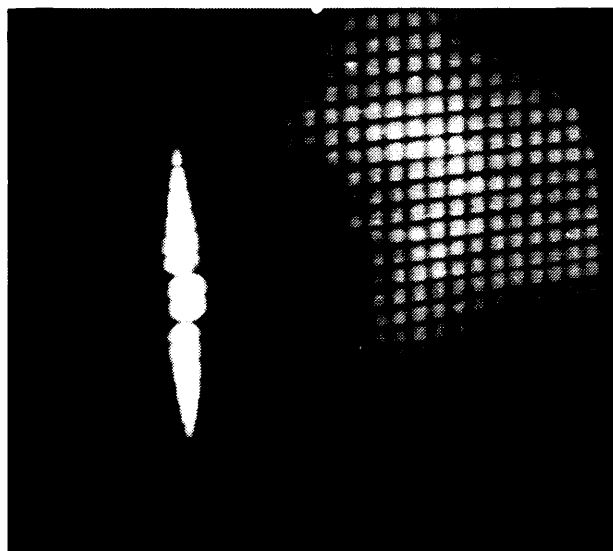
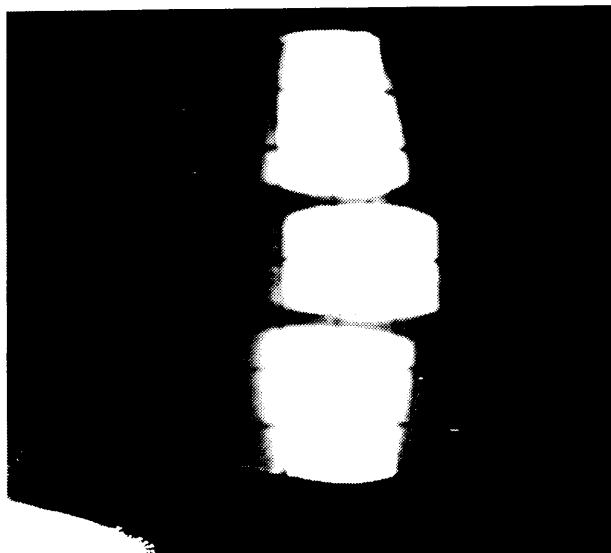


fig.5: Variation du parallélisme dans S1, plan H invariant.



TV 5



TV 6
(Dimension verticale du
faisceau plus grande
que l'écran)

Fig.6: S_1 dans le faisceau, non alimenté, ombre des couteaux.

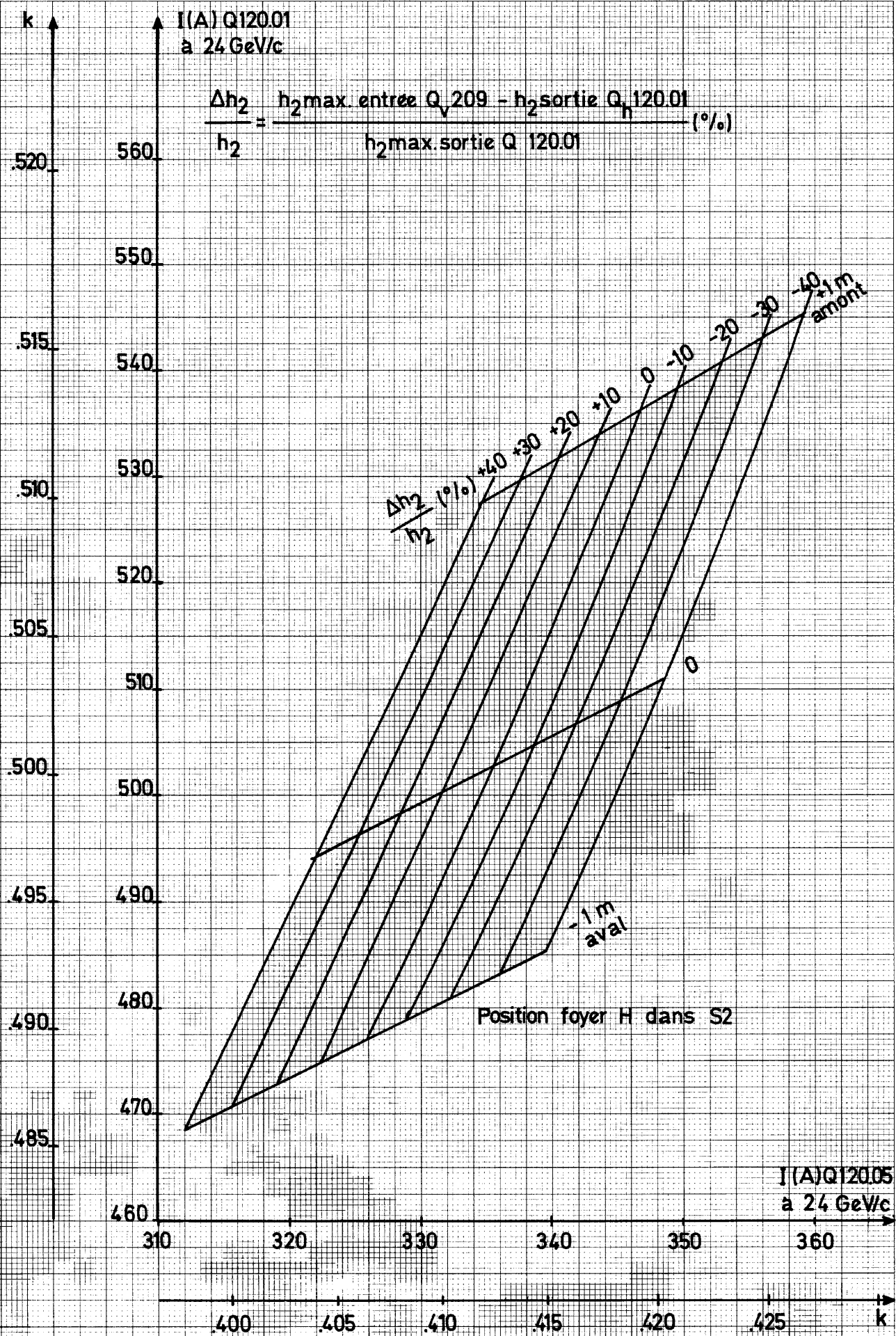


fig 7: Variation du parallélisme V dans S2 et de la position du foyer H dans S2.



fig.8: Déplacement du foyer H dans S1 (Plan V = invariant).

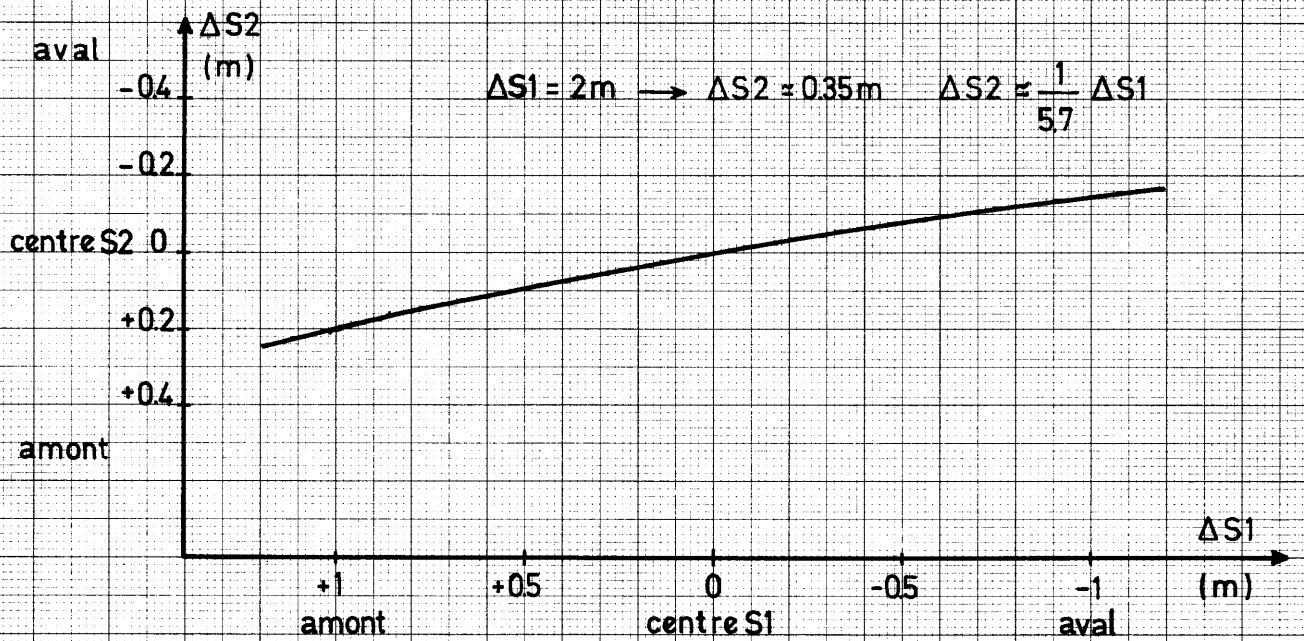
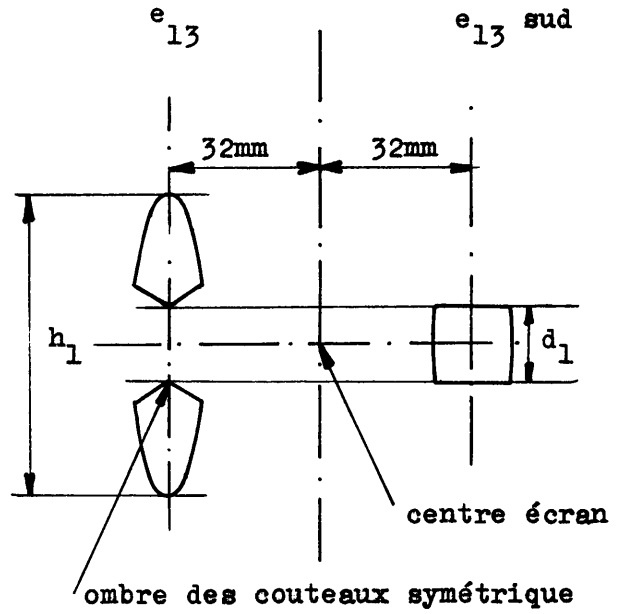
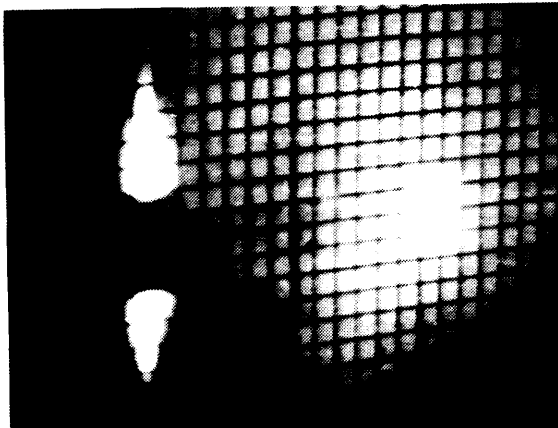


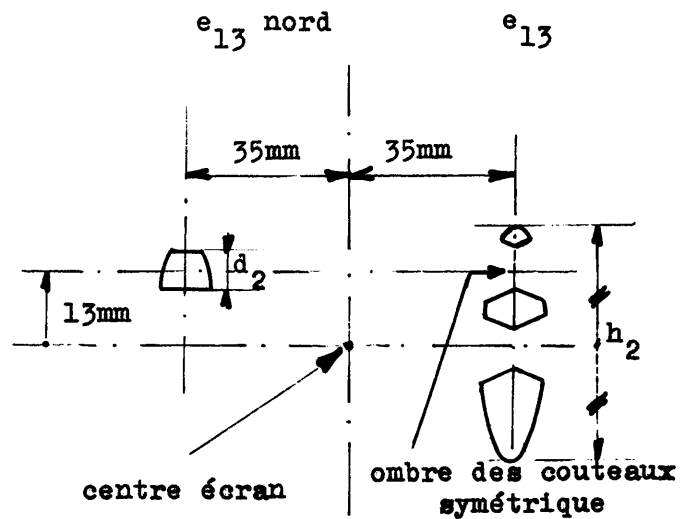
fig.9: Déplacement du foyer H dans S2 quand on déplace le foyer H dans S1.



d_1 =ouverture S_1

h_1 =hauteur faisceau (70mm maximum)

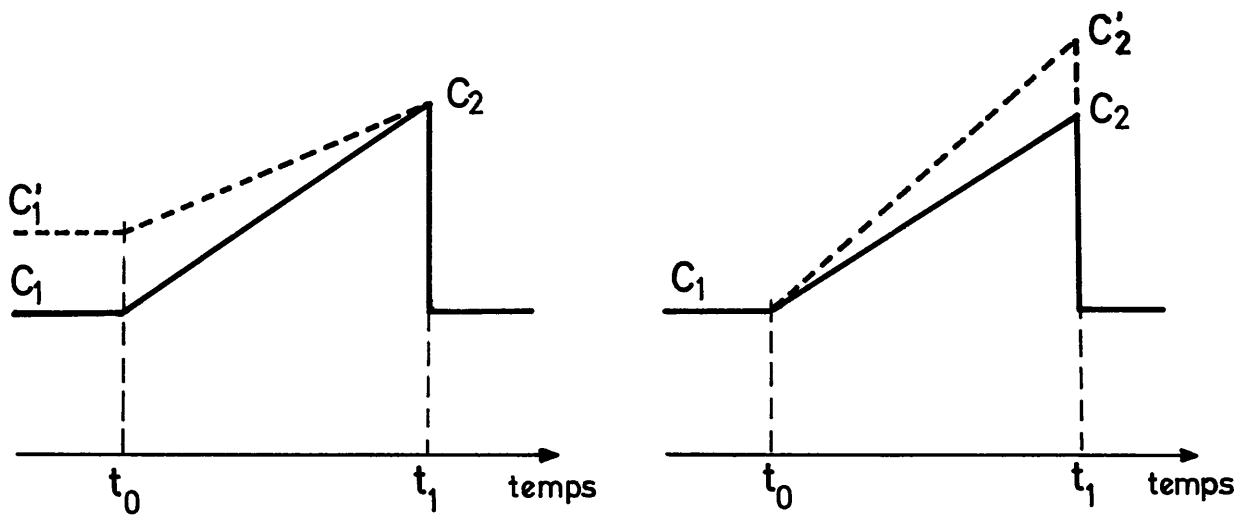
Fig.10: TV 5 (après S_1 alimenté)



d_2 =ouverture S_2

$h_2=1,65 h_1$

Fig.11: TV 8 (après S_2 ; S_1 et S_2 alimentés)



REGLAGE DE C_1

REGLAGE DE C_2

t_0 = Start SM 62

t_1 = Stop SM 62

fig.12: Réglage des valeurs de consigne.