

NOTE D'INFORMATION SUR LE FAISCEAU ET LES MESURES DE FAISCEAU DU LINAC

MESURE D'EMITTANCE

Cette note se propose d'exposer les différents résultats obtenus au cours de l'année 1970 à l'aide des mesures sur le faisceau du linac à 50 MeV et la résolution des problèmes d'adaptation créés par le remplacement de IB 11 par IBH 1.

1. RESULTATS DES MESURES D'EMITTANCE A 50 MeV

1.1. Rappel des définitions

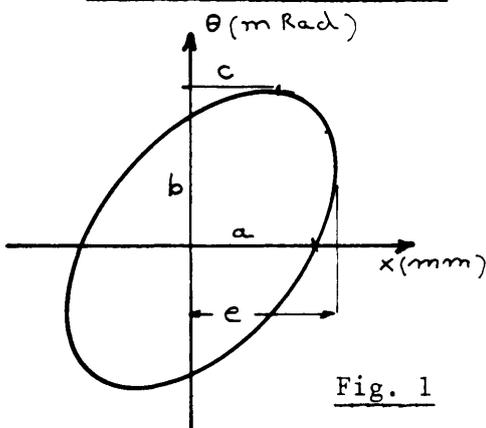


Fig. 1

Du point de vue forme on définit les courbes d'émittance ramenées à des ellipses par les paramètres a,b,c (voir Fig. 1) mis sous la forme de rapports $\frac{a}{b}$ et $\frac{c}{b}$ qui sont indépendants de la surface de l'ellipse.

Dans le programme TRANSPORT où l'on utilise les matrices σ , l'équation de l'ellipse peut être définie par :

$$\sigma_{22} X^2 - 2\sigma_{12} X \theta + \sigma_{11} \theta^2 = E^2$$

On définit la courbe par : $\sqrt{\sigma_{22}} = b$ et $\sqrt{\sigma_{11}} = e$, le facteur de corrélation étant :

$$r_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_{11}} \sqrt{\sigma_{22}}} = \frac{c}{e}$$

En ce qui concerne la qualité du faisceau à deux dimensions, on s'intéresse à la courbe $I = f(E)$ (I étant le courant continu dans une émittance $E = a.b$) ou en valeurs normalisées $I = f(\epsilon)$, $\epsilon = E\beta\gamma$ (à 50 MeV $\epsilon = 0,33 E$). Pour $0,2 I_0 < I < 0,85 I_0$ (I_0 courant total) on a valablement

$$I = I_0 (1 - e^{-E/E_0})$$

On choisit comme facteur de qualité $\hat{\rho} = \frac{I_0}{E_0}$ ou $\hat{\rho}_N = \frac{I_0}{\epsilon_0}$ ($\hat{\rho}_N = \frac{\hat{\rho}}{0,33}$)

I étant exprimé en Ampères et E_0 ou ϵ_0 en mètre.Radian.

1.2. Variation de la forme de l'émittance en fonction du temps

On peut différencier trois sortes de variation de forme :

- 1) Durant l'impulsion,
- 2) D'impulsion à impulsion,
- 3) Dérive lente ou variation à la suite d'un arrêt machine.

1) Durant l'impulsion

Il s'agit d'une variation des rapports $\frac{a}{b}$ et $\frac{c}{b}$ durant les 20 μ sec de l'impulsion de courant. En fait le rapport $\frac{c}{b}$ n'est généralement pas affecté. Ce type d'instabilité a fortement diminué au fur et à mesure des améliorations du système de compensation de la charge du faisceau sur la R.F; un ajustage soigneux des paramètres radiofréquence permet généralement de minimiser ce phénomène. Des mesures en cours sur le préinjecteur avec une impulsion longue permettront de quantifier l'influence de ce paramètre sur ce genre d'instabilité.

2) Variation d'impulsion à impulsion

Cela se ramène au problème de stabilité de l'ensemble du linac; il faut généralement 24 heures de fonctionnement continu pour obtenir une bonne stabilité. Il semble que si l'on obtient une bonne stabilité de la dispersion d'énergie pulse à pulse on soit assuré de la même stabilité dans les plans de phase si le préinjecteur fonctionne normalement.

3) Dérive lente et variation à la suite d'arrêts

Le manque de valeurs standards empêche à l'heure actuelle d'avoir des critères de reproductibilité des réglages du linac. Les résultats pour l'ensemble de l'année 1970 sont résumés dans le tableau ci-après. Les variations peuvent sembler importantes mais on ne doit pas oublier que le linac est en évolution constante par suite du remplacement d'appareillages en vue de l'impulsion longue, et que des valeurs standards ne pourront être valablement adoptées que lorsque l'on aura atteint un état définitif.

- M représente la valeur moyenne,
- σ l'écart quadratique moyen,
- M_{\min} la valeur la plus faible obtenue,
- M_{\max} la valeur la plus élevée.

Plan	a/b				c/b			
	M	σ	M_{\min}	M_{\max}	M	σ	M_{\min}	M_{\max}
y y' (Horizontal)	2,2	0,15	1,6	2,7	1,8	0,10	1,5	2
z z' (Vertical)	1,7	0,25	1,2	2,1	1,7	0,12	1,4	2,1

Ces nombres ont une valeur indicative et portent sur une trentaine de mesures. On pourra, cette année, réduire le σ en portant plus d'attention sur ces paramètres lors des réglages. En effet, l'adaptation au PS étant à l'heure actuelle peu critique, on "constate" ces valeurs plutôt qu'on ne tente de les régler.

1.3. Densités

Le courant I_0 du linac est maintenant normalement supérieur à 100 mA. La mesure des densités fait ressortir les mêmes instabilités que pour la forme de l'émittance. Toutefois il s'ajoute une inégalité de la valeur de E_0 pour les deux plans; ce phénomène peut être pratiquement annulé, il dépend essentiellement de l'adaptation continue de la focalisation le long du Tank I. Pratiquement cela revient à limiter le faisceau à 50 MeV en y, y', z, z' et à ajuster la focalisation quadrupôle par quadrupôle pour un maximum de faisceau. Cette optimisation ne peut s'effectuer qu'après réglage de la R.F. pour une dispersion d'énergie minimum sans dégroupement.

Durant 1970, en fonction des différents réglages, on a obtenu:

$$1 \times 10^4 < \hat{\rho} < 1,5 \times 10^4 \text{ ou } (3 \times 10^4 < \hat{\rho}_N < 4,5 \times 10^4) .$$

1.4. Concentricité

La concentricité des équidensités n'est pas toujours satisfaisante à l'heure actuelle (c'est-à-dire que le moment du 3^è ordre de la distribution prend des valeurs non nulles). Cette concentricité dépend fortement de la façon dont le linac a été ajusté. Elle peut être beaucoup améliorée par la même méthode que l'on utilise pour l'égalisation des densités dans les plans verticaux et horizontaux.

2. PROBLEMES D'ADAPTATION AU PS

Le remplacement de IB 11 par IBH 1 imposait de calculer à nouveau l'adaptation du faisceau linac au PS avec ce nouvel élément qui modifie les conditions de l'optique du faisceau puisque sa composante de focalisation dans le plan horizontal est nulle et que par contre il existe une composante verticale à l'inverse de IB 11. Il s'agissait aussi d'indiquer aux personnes responsables de l'injection dans le Booster les caractéristiques du faisceau à l'aiguillage de IBH 1 avec les nouvelles valeurs des triplets IQ 11 et IQ 21

de façon à n'avoir pas à modifier ces dernières au moment où le linac devra injecter alternativement dans le PS et le PSB, ces quadrupôles n'ayant pas les qualités magnétiques requises pour une commutation rapide (fer non feuilleté).

Pour l'ensemble de ces calculs nous avons utilisé le programme TRANSPORT mais nous avons voulu dans un premier temps vérifier par des mesures si ce programme, qui ne tient compte que des effets linéaires de la charge d'espace, était suffisamment représentatif de la réalité.

2.1. Mesures et vérifications préliminaires

On a placé entre la sortie du Tank III et la SD 26 six volets à fentes permettant de mesurer les répartitions de densités suivant les axes y et z (voir Fig. 2).

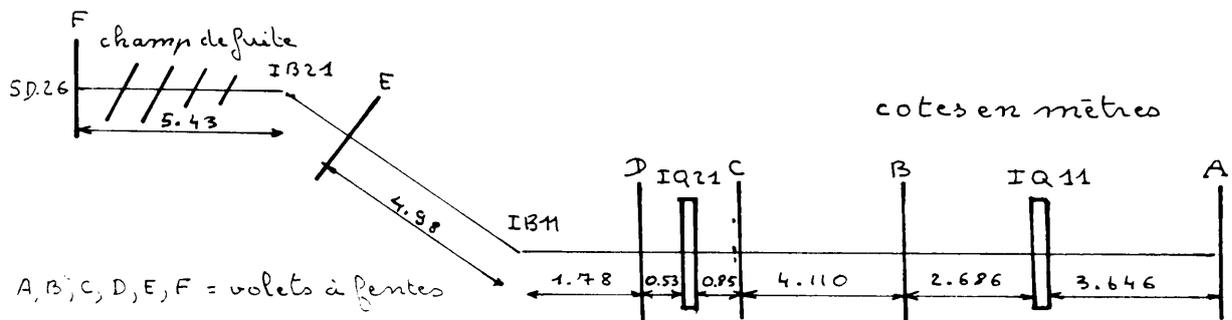


Fig. 2

Volets : A, B, C, D, E, F.

On mesure l'émission à la sortie du Tank III, la dispersion d'énergie, les répartitions en A,B,C,D,E,F et le courant total I_0 ainsi que les courants dans les triplets IQ 11 et IQ 21. Ces mesures étaient effectuées avec et sans champ de fuite de l'aimant 25.

Du point de vue programme TRANSPORT nous prenions les mesures d'émission comme conditions initiales et traçons les trajectoires en fonction des valeurs de IQ 11 et IQ 21 que nous avions durant les mesures. Le champ de fuite était simulé par une série de 16 quadrupôles dont le champ était celui mesuré.

Les Figures 3a et 3b nous indiquent un exemple de corrélation programme - mesures. Les trajectoires et les résultats des mesures sont ceux correspondant à $2,2 \sigma$ (σ étant l'écart quadratique moyen de la courbe de répartition des densités).

Après quelques essais de mise au point, qui nous ont permis en particulier d'avoir une bonne idée de l'influence de chaque paramètre, et de mettre en évidence quelques erreurs sur certaines données, les résultats ont toujours été satisfaisants.

2.2. Conditions initiales pour le calcul de l'adaptation

L'évolution continue du linac durant la période de transformation qui doit l'amener à être en mesure d'injecter 100 μ sec dans le PSB nous a conduits à tenter de prévoir les conditions d'adaptation pour une grande gamme de conditions initiales. Une injection multitour (supérieur à 3) étant alors possible, chaque calcul a été prévu pour un rapport a/b dans le plan yy' en SD 26 (horizontal) variant de 12 à 6.

On a donc choisi trois groupes de valeurs initiales en fonction des rapports $\frac{a}{b}$ dans les plans yy' et zz', le premier correspondant à peu près aux valeurs minima trouvées, le second étant autour de la valeur la plus probable et le troisième étant proche du maximum. Si ces valeurs ne correspondent pas exactement aux valeurs M_{\min} , M et M_{\max} du tableau du Chapitre 1. c'est parce qu'à M_{\min} en yy' ne correspond pas obligatoirement M_{\min} en zz'. Le tableau ci-dessous des valeurs initiales tient compte de ce dernier fait.

Cas	Plan yy' (horizontal)		Plan zz' (vertical)	
	a/b	c/b	a/b	c/b
A Min.	1,6	1,76	1,1	1,73
B Moyen	2,2	1,81	1,3	1,7
C Max.	2,54	1,80	1,7	1,6

La Figure 4 a et b indique la valeur des courants dans IQ 11 inner et outer en fonction du rapport $\frac{a}{b}$ dans le plan horizontal en SD 26 ($\frac{a}{b}$ dans le plan vertical étant à peu près égal à 21,7).

La Figure 5 a et b est identique pour IQ 21.

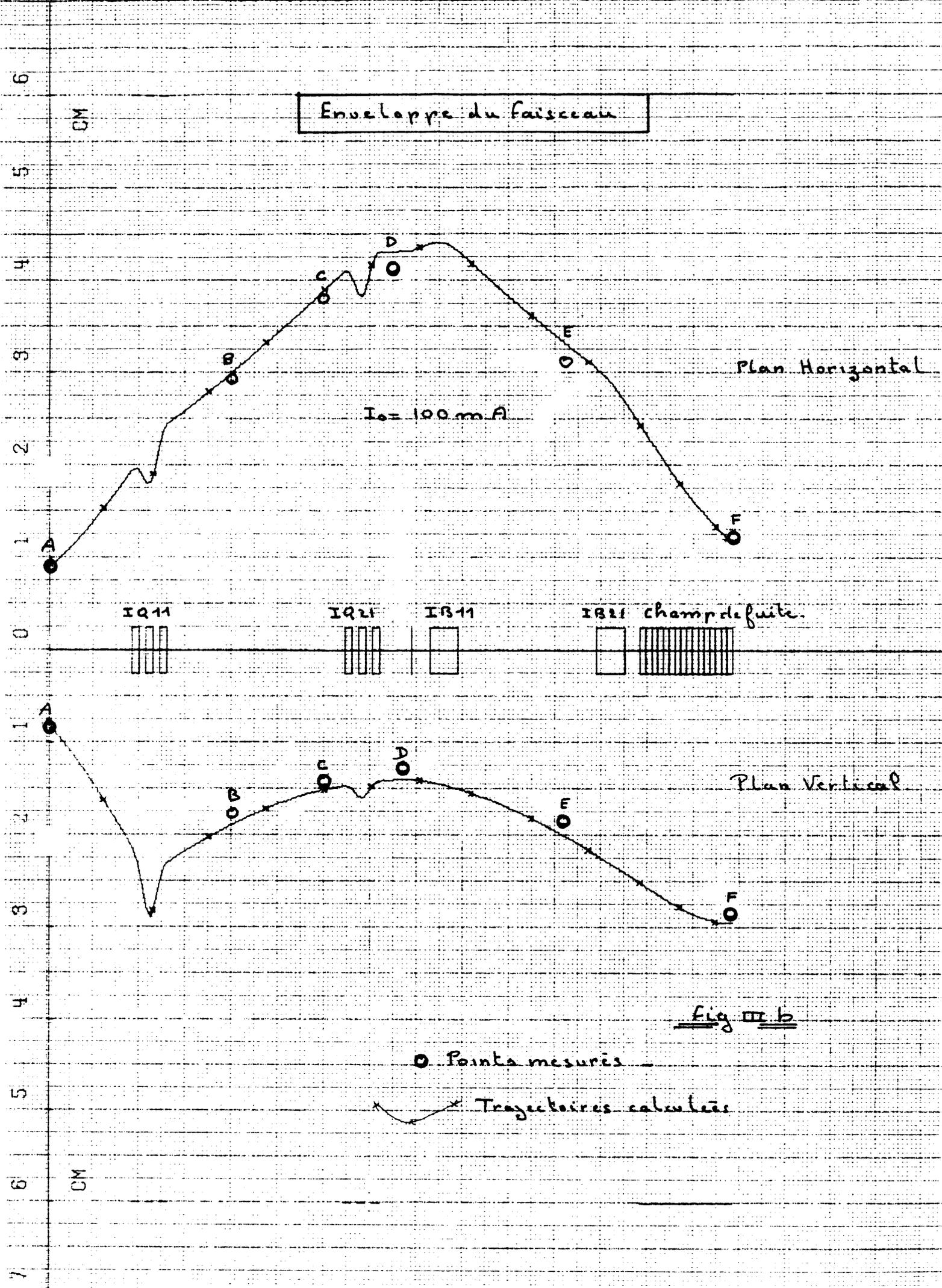
3. CONCLUSION

Le linac injectant à l'heure actuelle uniquement un faisceau dans le PS , il est toujours possible de faire l'ajustage final de l'adaptation en retouchant les triplets. Lorsqu'il faudra injecter dans le PSB et le PS alternativement, cette facilité n'existera plus et c'est vers une reproductibilité du faisceau linac qu'il faut oeuvrer par l'étude systématique des différents réglages possibles. L'acquisition de tous les paramètres agissant sur la qualité du faisceau et la possibilité de revenir rapidement et sûrement sur les meilleurs réglages devraient faciliter le choix des valeurs standards qui permettraient d'avoir un faisceau "calibré", donc de régler les triplets IQ 11 et IQ 21 une fois pour toutes. L'appareillage de mesure d'émittance en une impulsion et la ligne de spectrométrie doivent permettre d'avoir une connaissance instantanée et continue de ce faisceau.

P. Têtu, L. Bernard

Distribution (ouverte)

Groupe Linac	C. Bovet
PS Operation	P. Lefèvre
	K.H. Reich
	P.H. Standley



CM

Plan Horizontal

Plan Vertical

CM

0 4 8 12 16 20 24 28

Enveloppe du faisceau

CM

5

4

3

2

1

0

1

2

3

4

5

6

7

IQ11



IQ11



IB11



IB21



Plan Horizontal

$I_0 = 100 \text{ mA}$

Plan Vertical

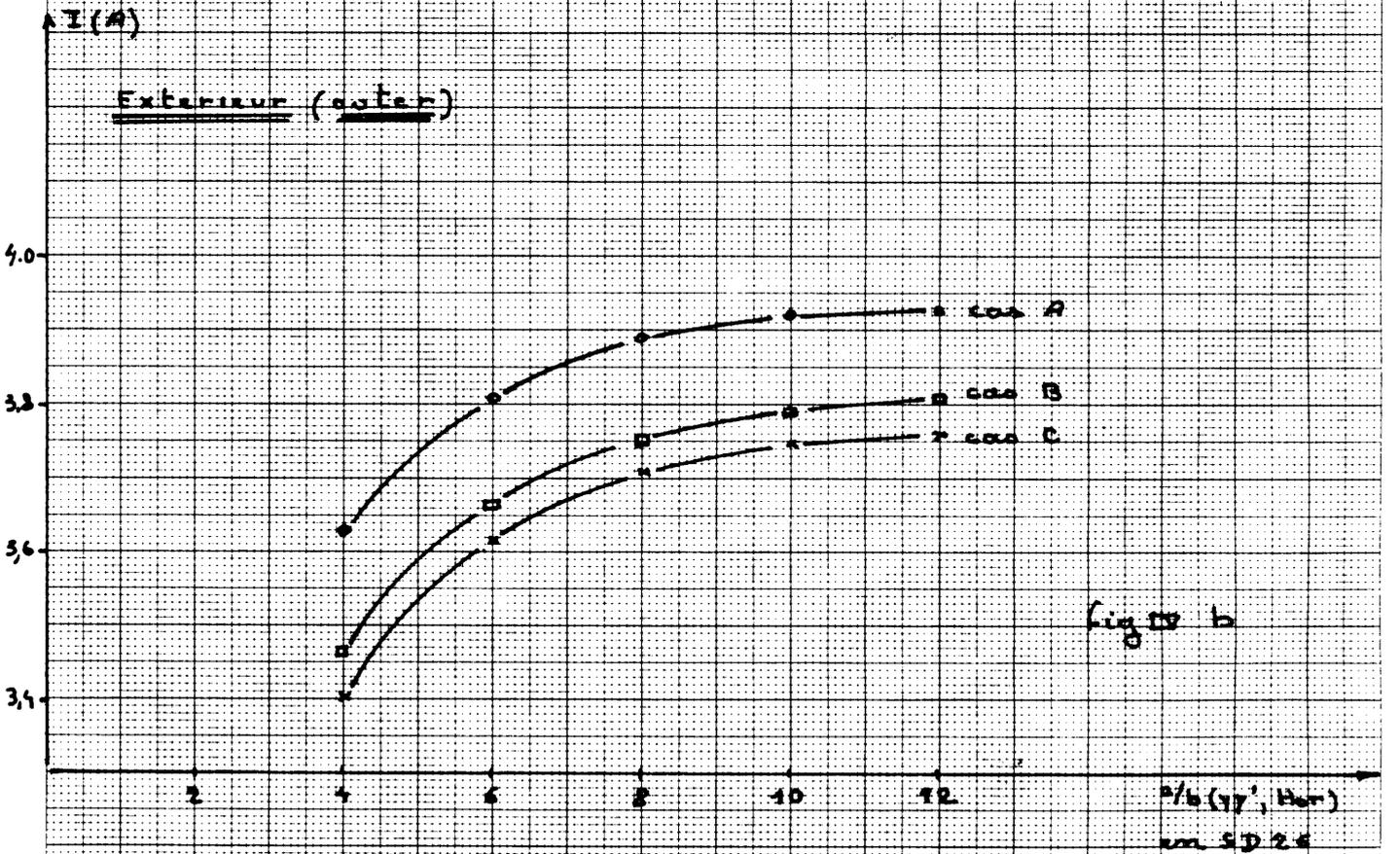
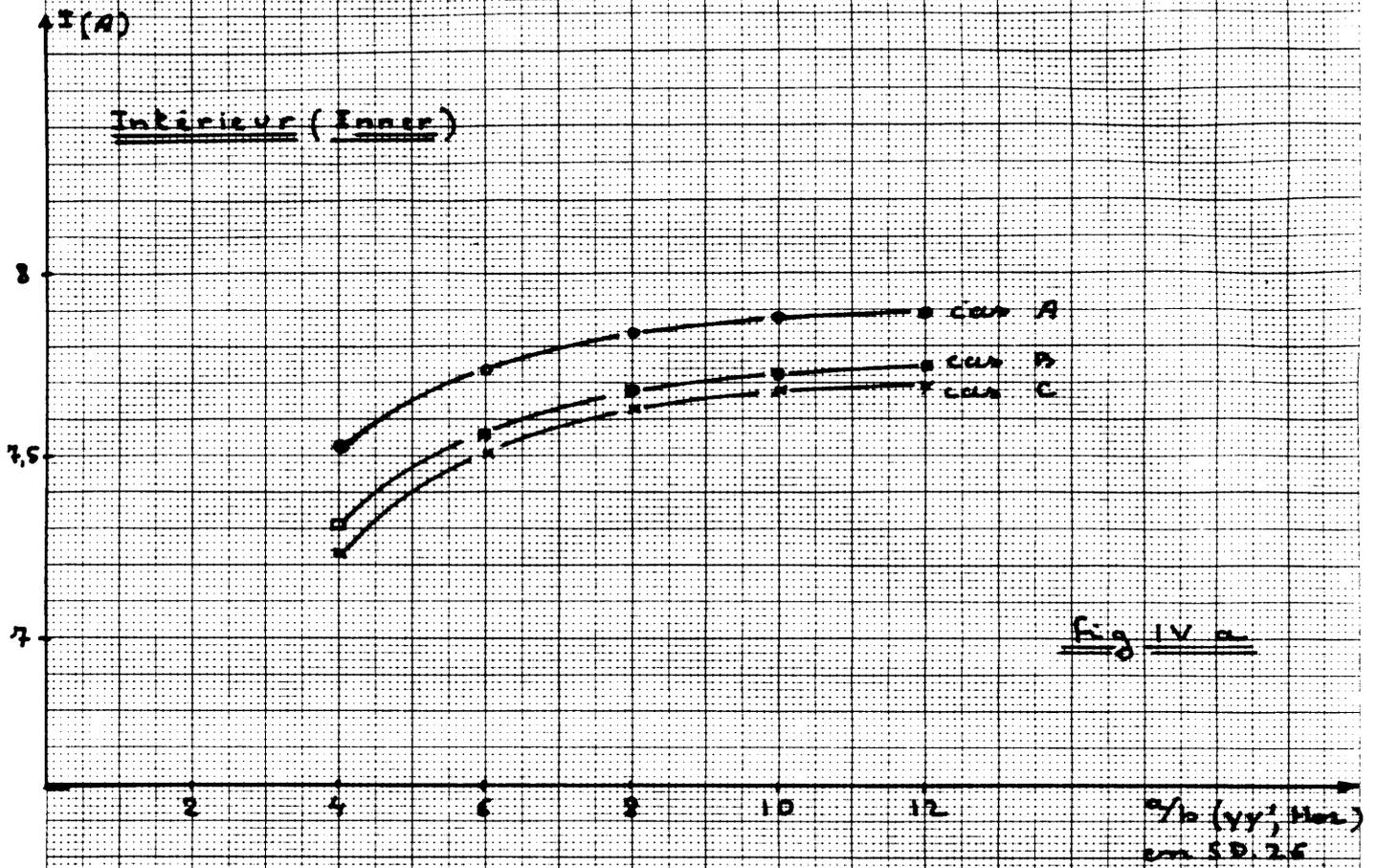
Fig III a

o Points mesurés

x Trajectoires calculées

CM

Premier Triplet I Q 11



Second Triplet IQ 2.1

I(A)

Interieur (Inner)

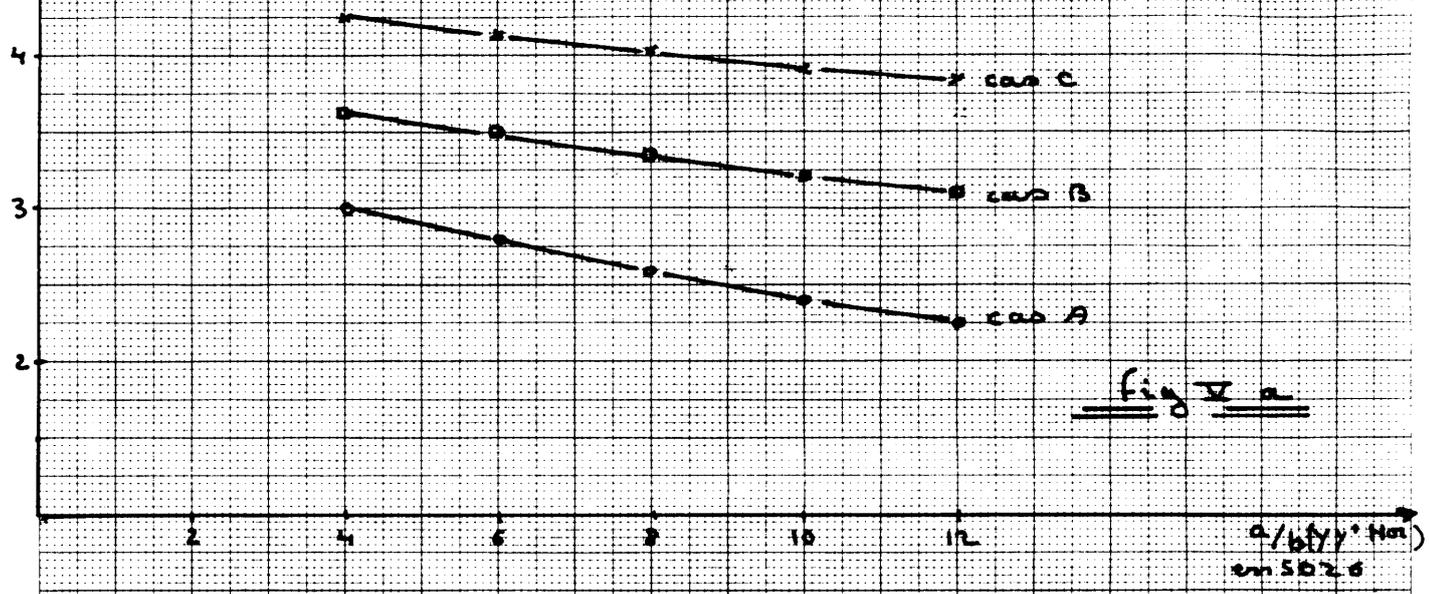


Fig V a

I(A)

Exterieur (outer)

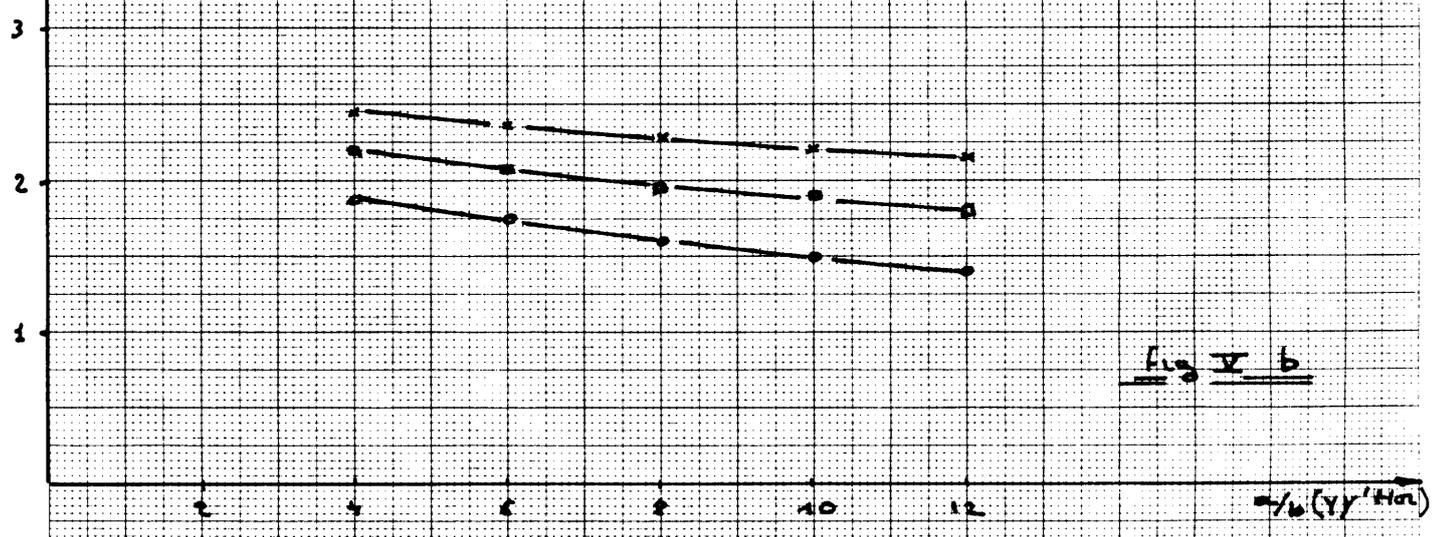


Fig V b

a/b (Y'Ha)