

LEP-LIBRARY

CERN LIBRARIES, GENEVA



SCAN-0008085

TIS-RP/IR/87-41

LEP Note 591
et
RAPPORT INTERNE

C007

SENET Monique
TH
01

J.C. Gaborit
H. Schönbacher
21 octobre 1987

**MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS
DANS UNE SECTION RADIOFREQUENCE DU LEP**

1. INTRODUCTION

L'installation dans le hall 180 d'une section d'accélération pour le LEP, en grandeur réelle avec deux klystrons de 1 MW chacun et 16 cavités radiofréquence (RF), permet d'étudier le comportement des différents composants en fonctionnement. Ce rapport a pour but de présenter des mesures sur la radioactivité émise en fonction de la puissance RF, ainsi que sur l'atténuation de la radiation obtenue avec des blindages. La propagation du rayonnement dans une chicane d'accès est également mentionnée.

2. MESURES DES RAYONNEMENTS

Les cavités RF émettent un rayonnement X (RX), dû à une accélération des électrons libres et à leur interaction avec les matériaux de la structure lorsque la haute tension est appliquée. L'énergie maximum du spectre RX, de l'ordre de 3 MeV pour une cavité est déterminée par la tension d'accélération maximum.

La relation entre cette tension et la puissance s'exprime par

$$V_A = \sqrt{P \times Z \times l}$$

avec V_A tension d'accélération en volt,
 P puissance dans la cavité en watt,
 Z impédance en Ω/m ,
 l longueur de la cavité en mètres.

Dans le cas présent $Z = 4 \times 10^7 \Omega/m$ et $l = 2,13 \text{ m}$.

En fait, les mesures montrent un maximum dans le spectre du RX en-dessous de 500 keV (fig. 1) [1]. Le phénomène d'une accélération dans un groupe de 8 cavités n'a pas été observé. Une telle possibilité existe si les électrons libres capturés étaient en phase avec le champ électrique dans les cavités, donnant alors aux électrons une énergie allant jusqu'à 25 MeV.

Deux méthodes de mesures ont été utilisées : un système de mesure actif composé de chambres d'ionisation, dont la réponse est indépendante de l'énergie entre 50 keV et 10 MeV, et un système passif par intégration de la dose avec des dosimètres thermoluminescents de type fluorure de lithium naturel (TL).

2.1 Mesures en fonction de la puissance et dans les conditions d'utilisation pour LEP

La mesure du débit de dose en fonction de la puissance RF par cavité a été effectuée à l'aide du système actif. Une chambre d'ionisation placée dans l'axe et à 2 m de distance de la première cavité indiquait le débit de dose.

La montée en puissance s'est effectuée de 60 à 120 kW/cavité par palier de 10 kW. sur la figure 2, la courbe 1 représente la variation actuelle du débit de dose en fonction de la puissance, alors qu'en 2 est montré la variation lors de la première montée en puissance limitée à 84 kW/cavité en avril 1985 [2].

A la puissance d'utilisation pour le LEP en régime stable, soit en moyenne 115 kW/cavité, la distribution longitudinale du débit de dose a été mesurée à l'aide du système passif de détecteurs TL exposés pendant une période de 16 h [3]. La figure 3 indique cette distribution le long du mur de chaque côté du tunnel.

2.2 Atténuations obtenues par un écran de plomb et par un blindage local

Le point "source" a été mesurée avec des détecteurs TL en sortie de cavité au niveau de la vanne d'isolement pour le vide et du raccordement du tube à vide au groupe de pompage (fig.4) [4].

2.2.1 Description de l'écran et du blindage

Dans une première étape, un écran a été placé en bout de cavité à 85 cm de la face de la première cavité. Les figures 5a et 5b montrent cette disposition. L'écran utilisé a comme caractéristiques 2 plaques de plomb 780 mm x 780 mm de 20 mm d'épaisseur, chacune placée entre 2 feuilles de 3 mm d'antico. L'ensemble est monté dans un cadre positionné à 600 mm du sol (hauteur de l'axe des cavités 800 mm).

Pour la seconde étape, un blindage de plomb rapproché a été réalisé selon le schéma donné dans la figure 6. Des briques standard de 50 mm d'épaisseur ont été utilisés latéralement. Le dessous et le dessus (35 mm) étant constitué de briques de 25 mm d'épaisseur posés sur des plaques de 10 mm.

2.2.2 Résultats des mesures

Les mesures des débits de doses ont été effectuées à hauteur de l'axe des cavités à la puissance d'utilisation pour LEP, soit 115 kW/cavité.

La figure 7 présente les résultats de ces mesures en mSv.h^{-1} sur les murs du tunnel de la zone de test :

- a) sans protection
- b) avec écran
- c) avec blindage rapproché.

Les points notés B et C se situent sur l'axe vertical, respectivement à 80 et 160 cm au-dessus de l'axe des cavités (point A).

La figure 8 montre le profil de l'émission de radiation sur les axes horizontaux et verticaux à 1 m de la cavité sans protection et avec écran.

2.3 Atténuation dans une chicane d'accès

40 détecteurs TL ont été exposés à 1,80 m de hauteur par rapport au sol (1 m au-dessus de l'axe des cavités) dans la chicane d'accès principale pendant une période de fonctionnement à la puissance moyenne de 115 kW/cavité.

Les caractéristiques de cette chicane sont données par la figure 9.

Les débits de doses en $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ sont notés à l'emplacement de la mesure sur la figure 10. Ces points ont été choisis selon des références pour comparer ultérieurement avec les méthodes de calcul d'atténuation qui ont été utilisées pour le LEP.

3. INTERPRETATION

3.1 Débit de dose en fonction de la puissance

La comparaison des 2 courbes (fig. 2) exprime bien l'amélioration du conditionnement des cavités qui se traduit par un gain d'un facteur 200 à 300 sur le niveau des radiations. Les mesures effectuées lors des deux dernières périodes de tests semblent indiquer une stabilisation de l'émission de rayonnements, ceci après environ une centaine d'heures de fonctionnement à une puissance voisine de 115 kW.

A partir de la courbe 1 dans la figure 2 on peut exprimer le débit de dose en fonction de la variation (ΔP) de la puissance entre 60 et 120 kW/cavité par une relation de la forme

$$\dot{D}_2 = \dot{D}_1 e^{k(P_2 - P_1)}$$

où \dot{D}_1 débit de dose à la puissance P_1 en kW,
 \dot{D}_2 débit de dose à la puissance P_2 en kW
 $k =$ 0,12 .

En-dessous de 60 kW/cavité l'absorption par les parois des cavités devient prépondérante.

Latéralement la formule ne peut pas s'appliquer, car la structure de l'installation influence les conditions de mesure (obstacles par les guides d'ondes, géométrie des cavités, etc.).

Dans les conditions d'utilisation pour LEP, la distribution latérale des débits de dose montre une légère différence entre les deux groupes de huit cavités (voir fig. 3). Les cavités alimentées par le haut (récupérateur) présentent en moyenne des valeurs un peu plus élevées aussi bien côté mur (~30%) que côté passage (~10%) (cavités 1 à 8).

Les débits de dose les plus élevés sont trouvés aux extrémités et entre les deux groupes de cavités avec un maximum de $0,32 \text{ mSv.h}^{-1}$.

3.2 Effets des protections écran-blindage

Les mesures effectuées sur le mur situé à 2 m face aux cavités, avec l'écran de plomb, montrent une atténuation d'un facteur 10 en moyenne ; les valeurs de débits de dose allant jusqu'à $0,65 \text{ mSv.h}^{-1}$. Selon les calculs, un tel écran apporte une atténuation variant de 2×10^3 pour $\bar{E} = 500 \text{ keV}$ à ∞ pour $\bar{E} = 200 \text{ keV}$. On peut donc estimer que toute la radiation mesurée derrière cet écran est due au rayonnement diffusé. Pour cette raison ce type de protection n'est pas adapté dans un tunnel.

Avec le blindage sous forme de capot, l'atténuation atteint presque deux ordres de grandeur et le débit de dose à 2 m sur le mur face aux cavités n'excède pas $50 \text{ } \mu\text{Sv.h}^{-1}$ à la puissance moyenne de 115 kW/cavité. L'atténuation supplémentaire due à la distance donnerait à 20 m un débit de dose maximal de 500 nSv.h^{-1} .

3.3 Propagation du rayonnement dans une chicane

Les valeurs des débits de doses mentionnés sur la figure 10 montrent bien une décroissance en fonction de la distance dans la chicane. Au voisinage de la porte d'accès (3ème bras de chicane) les conditions d'exposition avec le détecteur TL sur la porte, ne permettent pas de tirer de conclusion.

On peut tracer la courbe d'atténuation du débit de dose dans l'axe de la chicane en fonction de la distance dans le tunnel mesurée en unités de L/\sqrt{S} , où L est la distance dans le tunnel et A la surface de la section du tunnel (fig. 11) [5]. Dans le 2ème bras l'atténuation correspond bien avec les courbes universelles [6].

4. CONCLUSIONS

L'émission de radiations par une section radiofréquence décroît assez fortement dans le temps (facteur 200 à 300) pour atteindre des valeurs de débit de dose relativement stable, pour une puissance donnée, après une centaine d'heures de fonctionnement à une puissance proche du maximum, ceci après le préconditionnement individuel des cavités.

On constate une différence entre le groupe des cavités alimentées par le récupérateur et le groupe alimenté par la cavité. Le premier groupe produit latéralement plus de radiations, c'est-à-dire 10% côté passage et près de 30% côté mur.

Un simple écran de blindage placé en bout de la section RF ne permet pas de réduire suffisamment le taux de radioactivité en aval de celui-ci à cause du rayonnement diffusé dans le tunnel. Sous forme de capot sur la vanne de section à l'extrémité de la dernière cavité, l'atténuation atteint presque un facteur 100 donnant un débit de dose de 500 nSv.h^{-1} à 20 m de distance.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le groupe LEP-RF de la bonne collaboration qui a permis de faire ces mesures.

REFERENCES

1. G. Roubaud et K. Parnham, Spectrométrie autour d'une cavité RF LEP. TIS/RSR/Site 84-01 (1984).
2. J.C. Gaborit, M. Tavlet, H. Schönbacher, Mesures des rayonnements ionisants dans la zone d'essais RF du LEP, TIS-RP/IR/85-38 et LEP Note 550.
3. J.C. Gaborit, Mesure de rayonnements ionisants émis à 2 MeV dans la zone d'essais RF de LEP, TIS-RP/TM/87-27.
4. J.C. Gaborit, Mesures de rayonnements dans le tunnel d'essais des cavités RF de LEP, RSR/LEP/86-02.
5. A. Simon and C.E. Clifford, Nucl. Sci. Eng., 1, 156 (1956).
6. M. Höfert, L'atténuation des rayonnements dans la galerie de la liaison UJ33-R34, TIS-RP/TM/87-32 Rev.

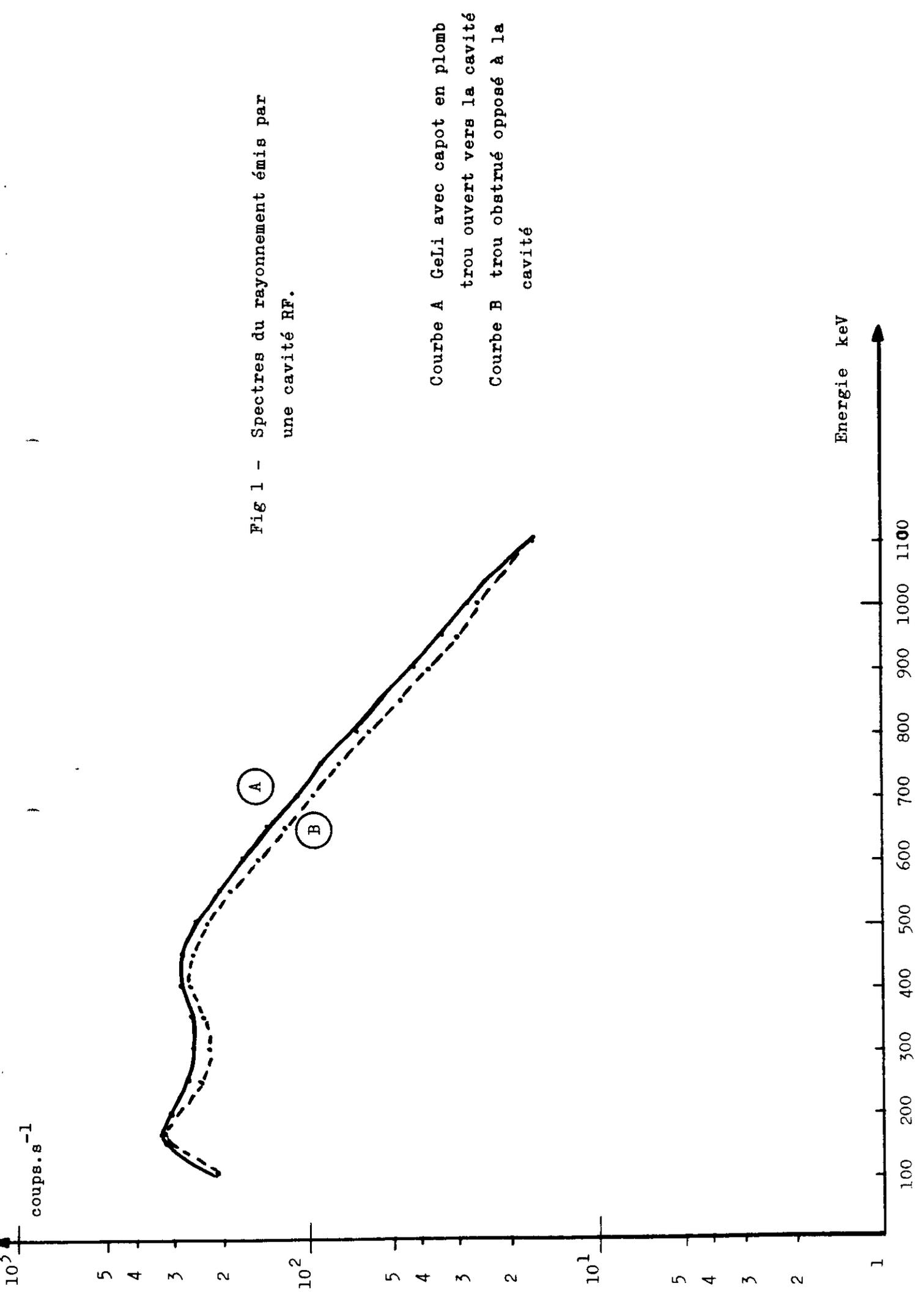


Fig 1 - Spectres du rayonnement émis par une cavité RF.

Courbe A GeLi avec capot en plomb
 trou ouvert vers la cavité
 Courbe B trou obstrué opposé à la
 cavité

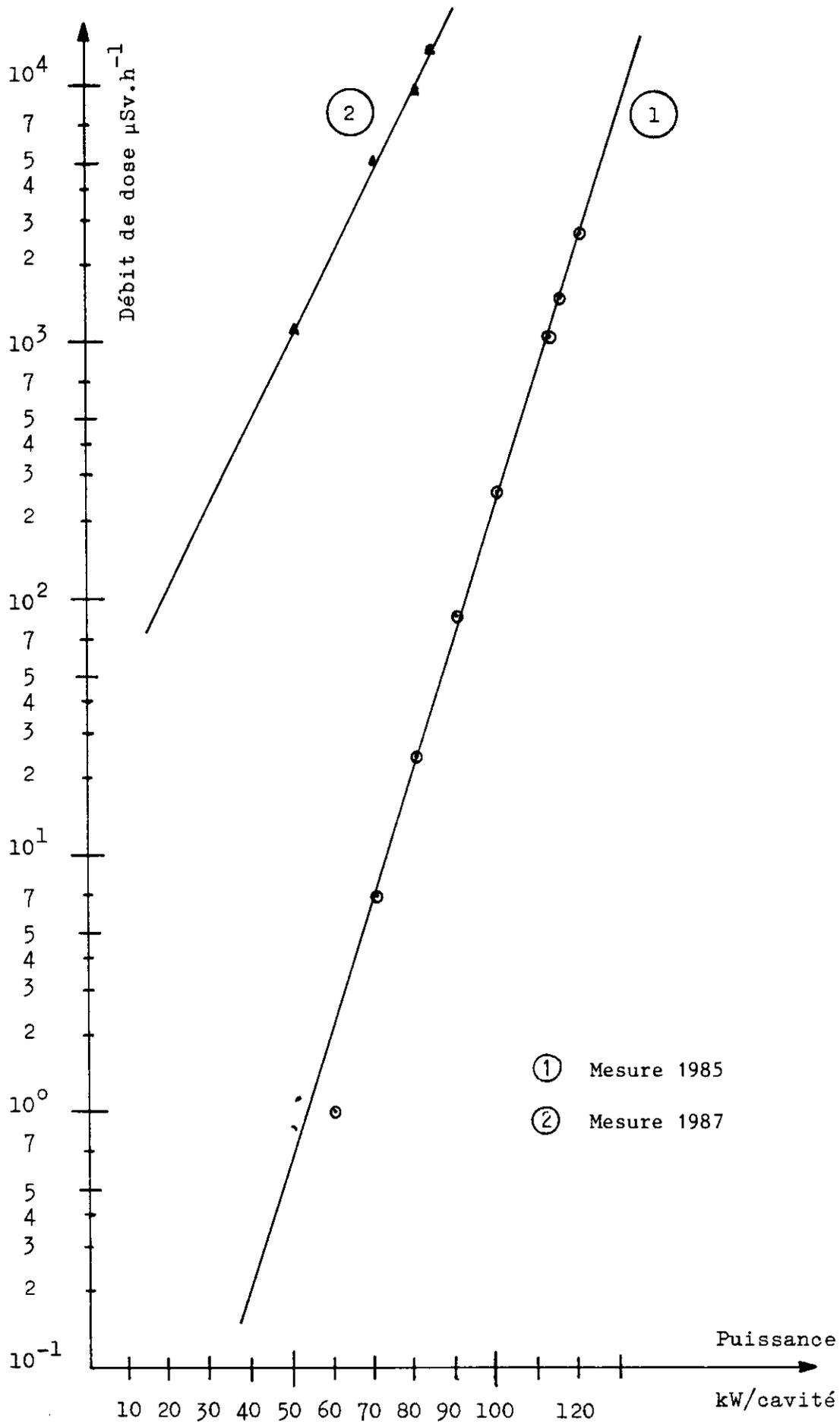


Fig 2 - Débit de dose en fonction de la puissance RF par cavité dans l'axe d'une section de 16 cavités

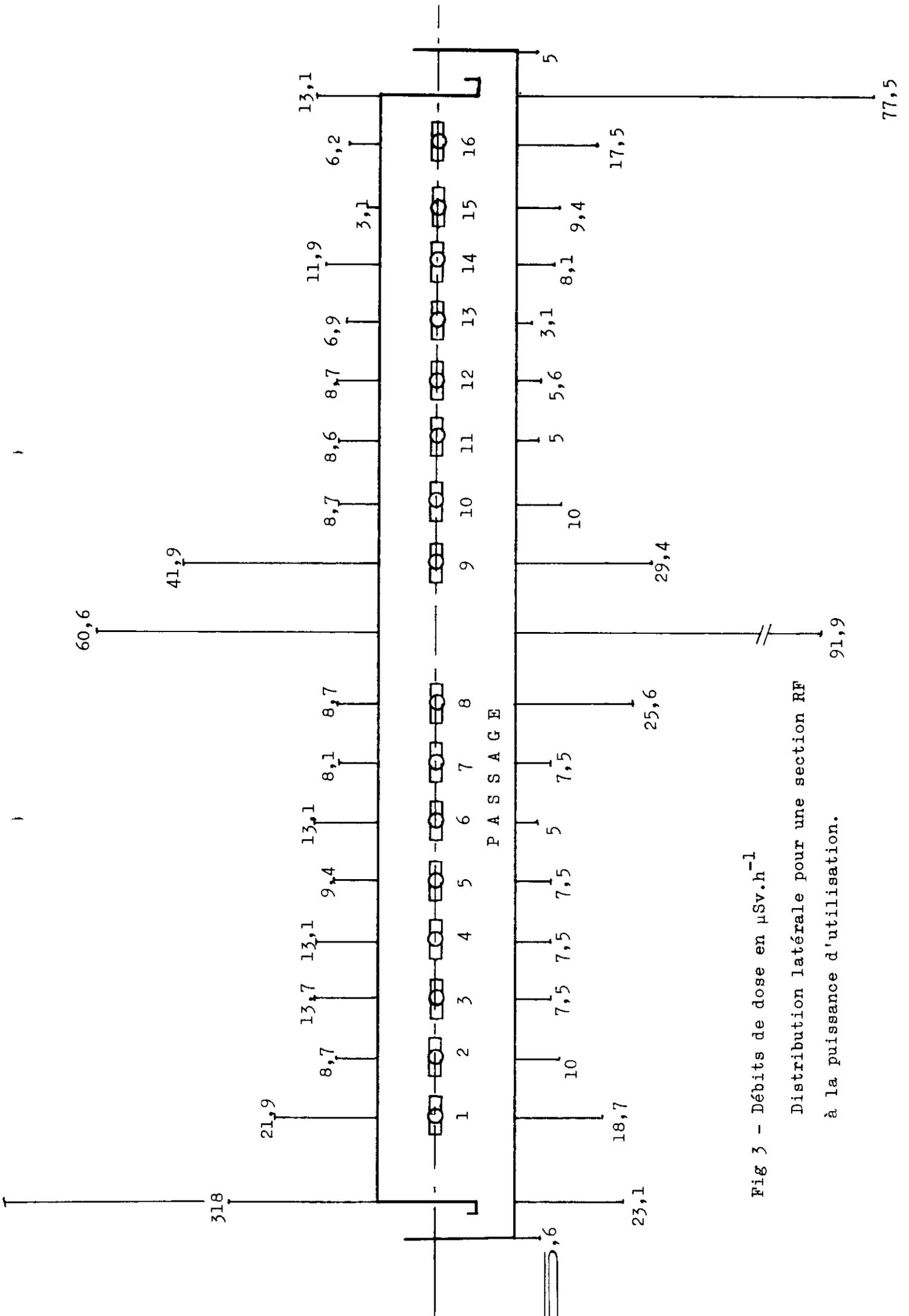
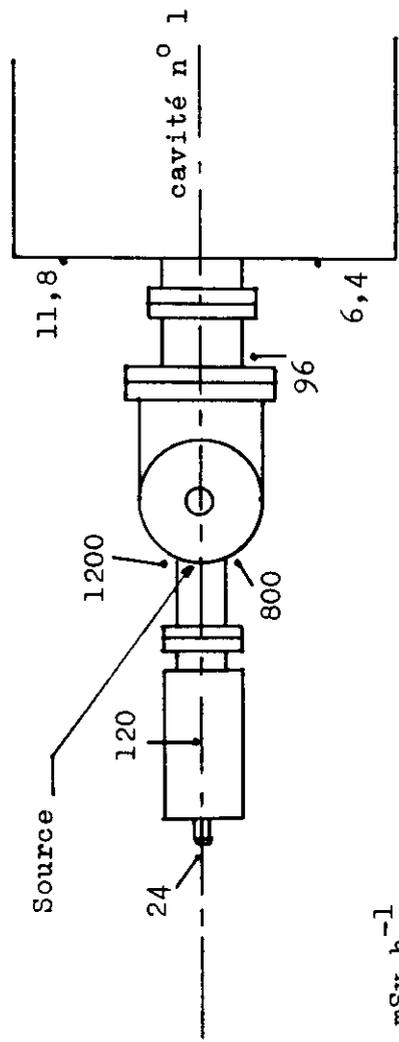


Fig 3 - Débits de dose en $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$

Distribution latérale pour une section RF
à la puissance d'utilisation.



valeurs exprimées en $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$

Fig 4 - Mesures autour de l'axe et de la vanne pour le vide en sortie de la cavité n° 1 à 115 kW/cavité.

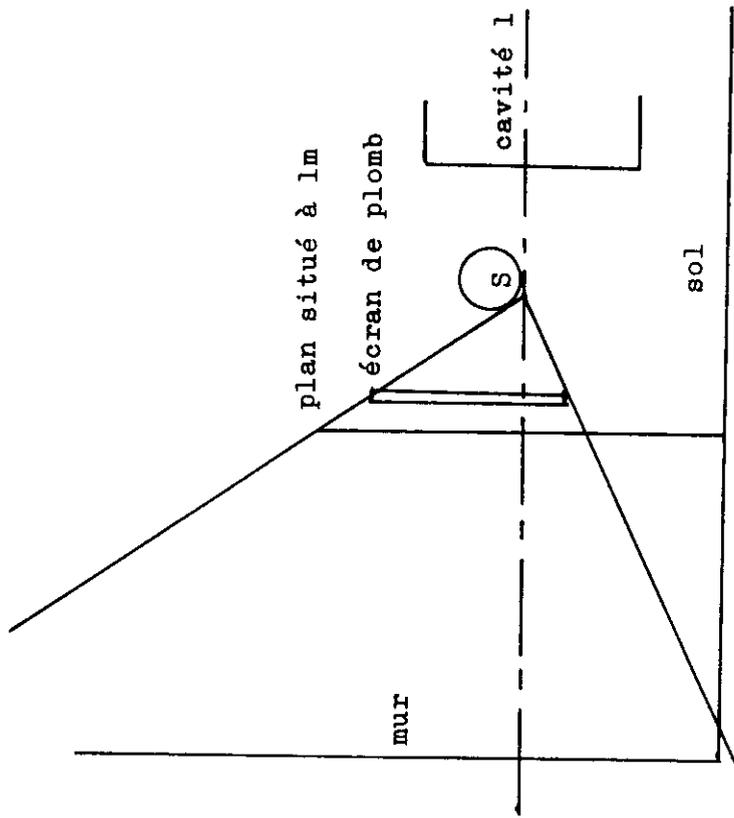


Fig 5a - Vue de dessus

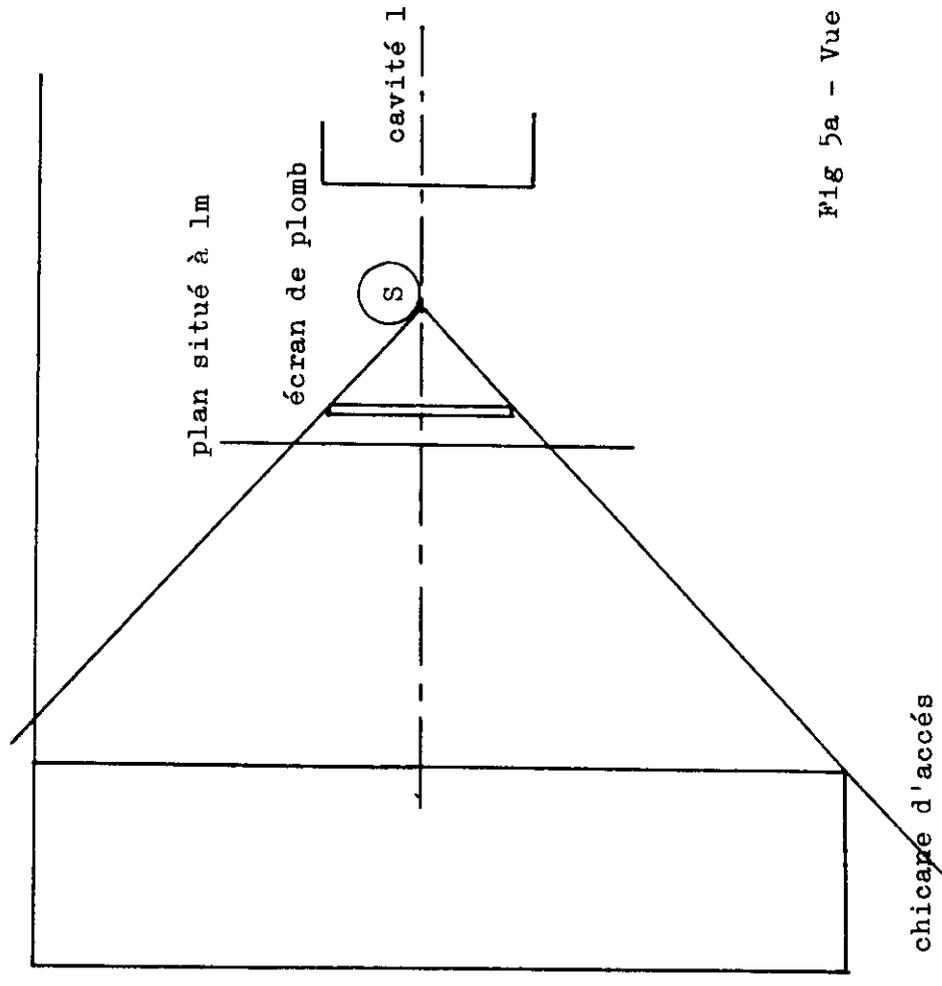


Fig 5b - Vue de côté

Disposition de l'écran de plomb en bout d'une section RF.

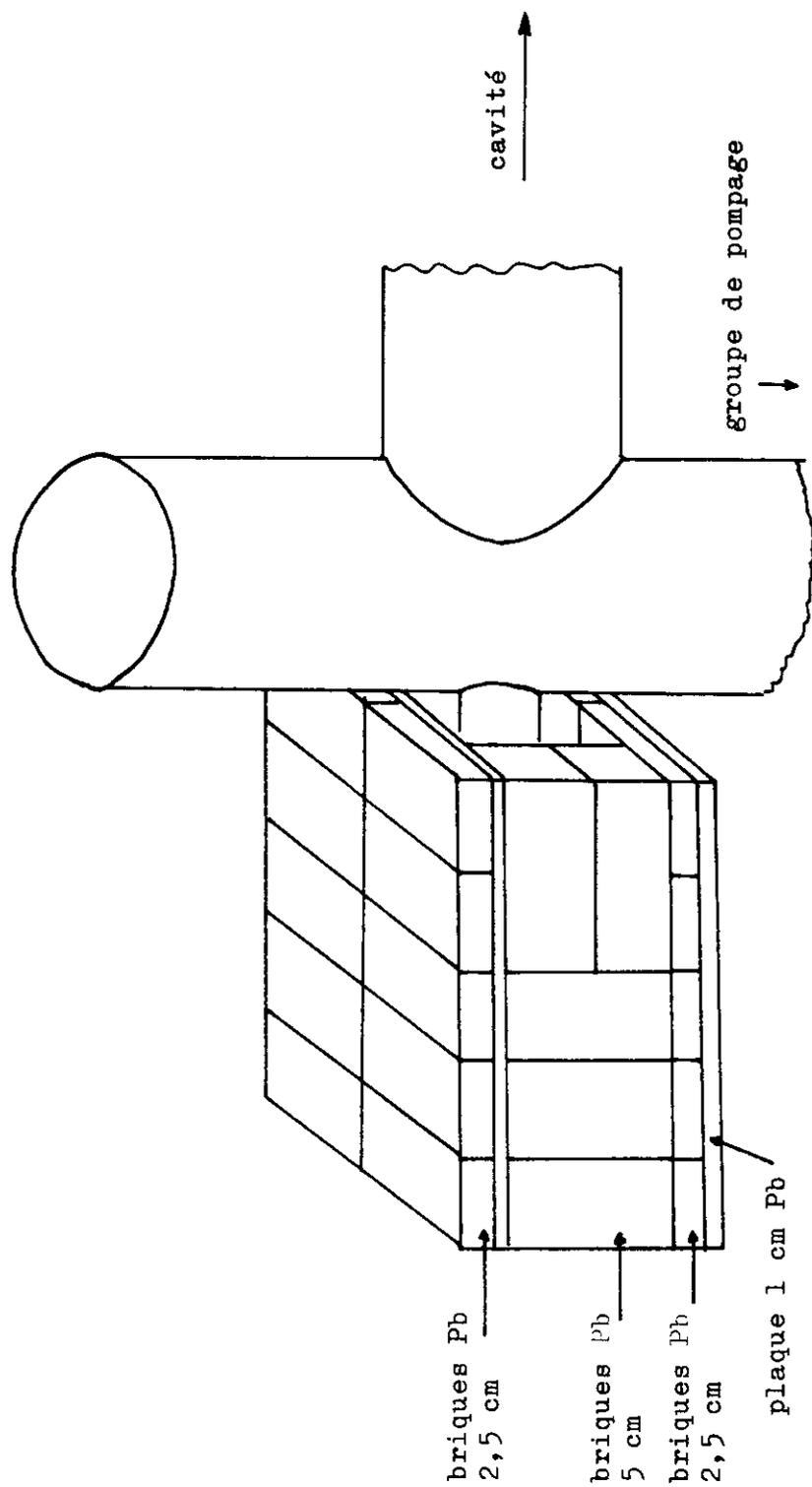


Fig 6 - Blindage en forme de capot autour de la vanne de secteur .

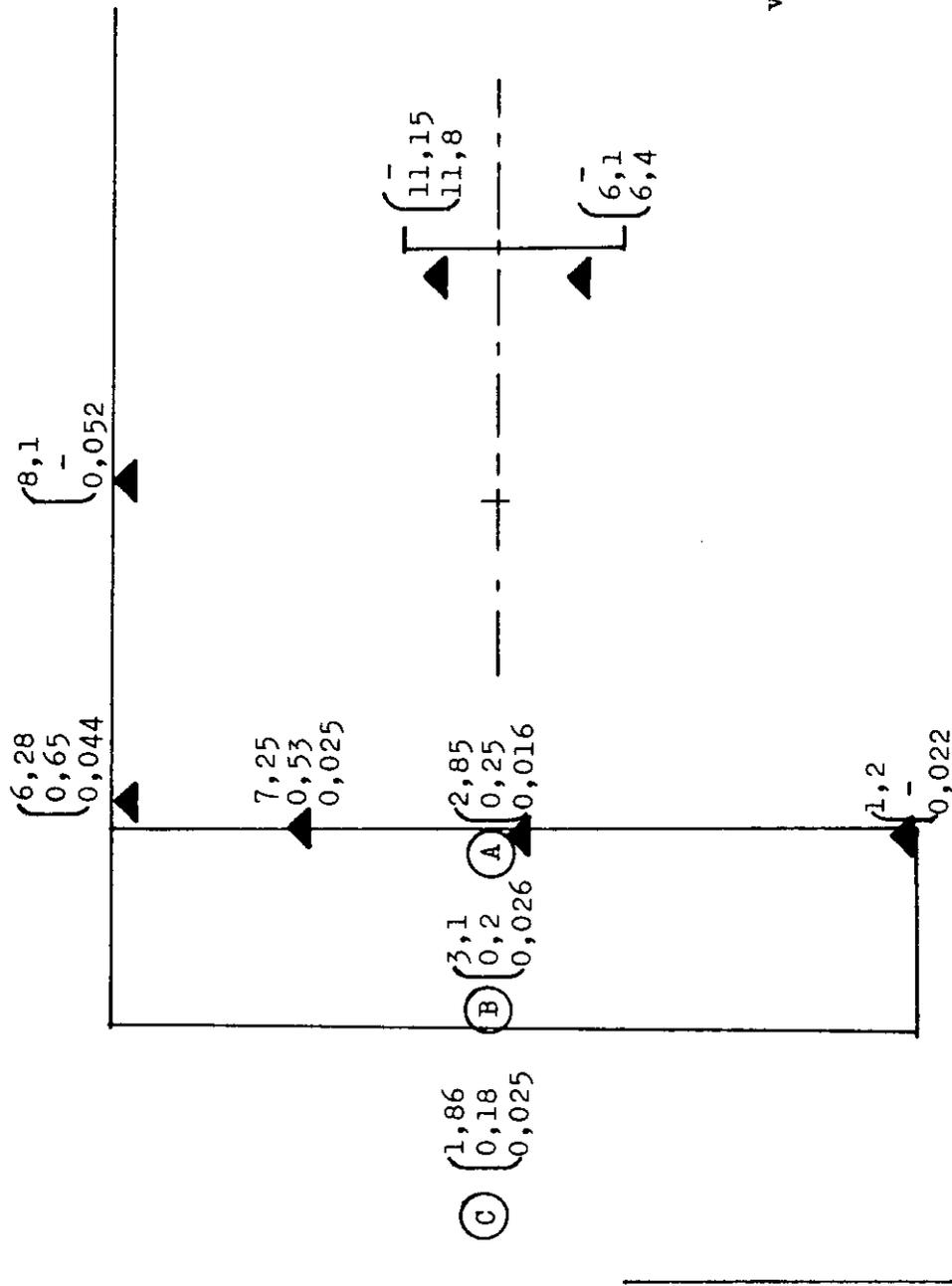
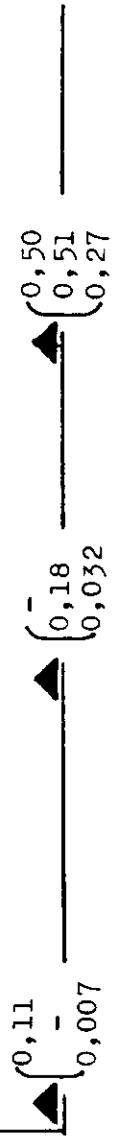


Fig 7 - Débits de dose à hauteur de l'axe des cavités à la puissance moyenne de 115 kW/cavité.



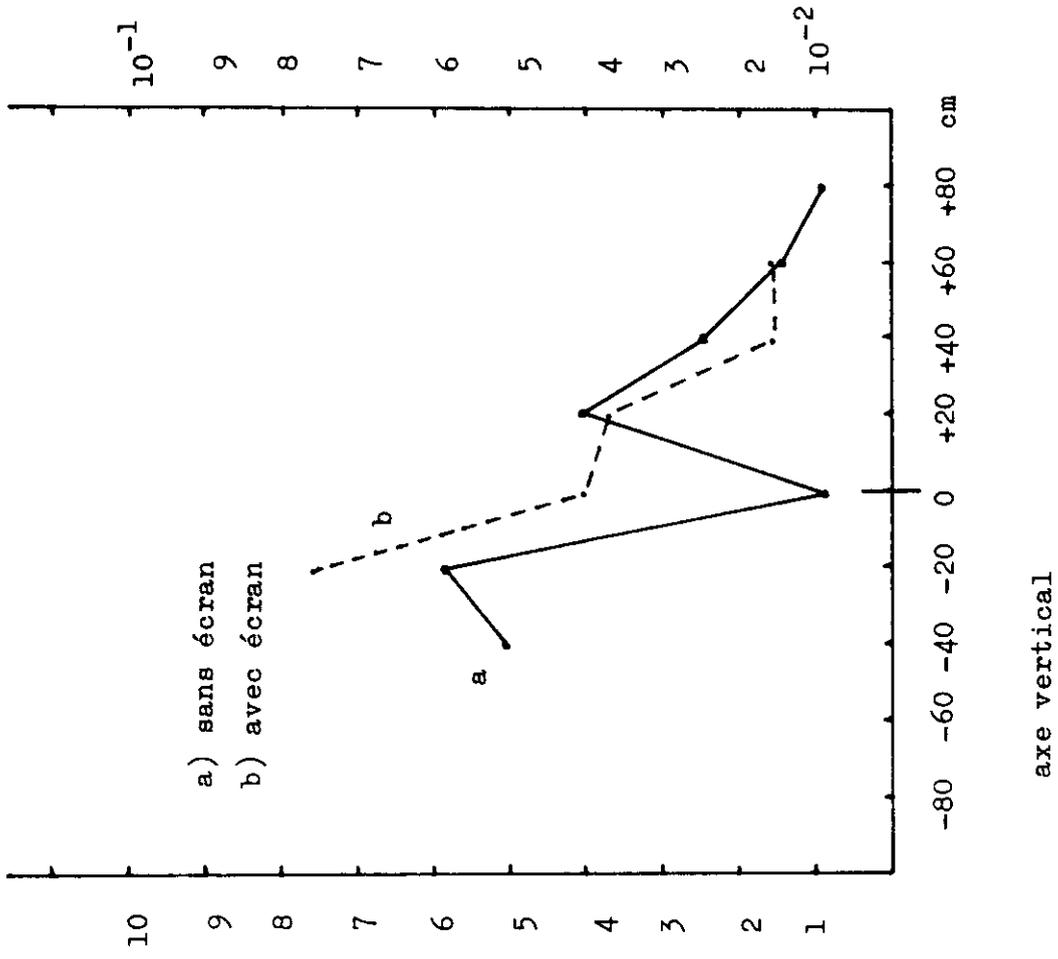
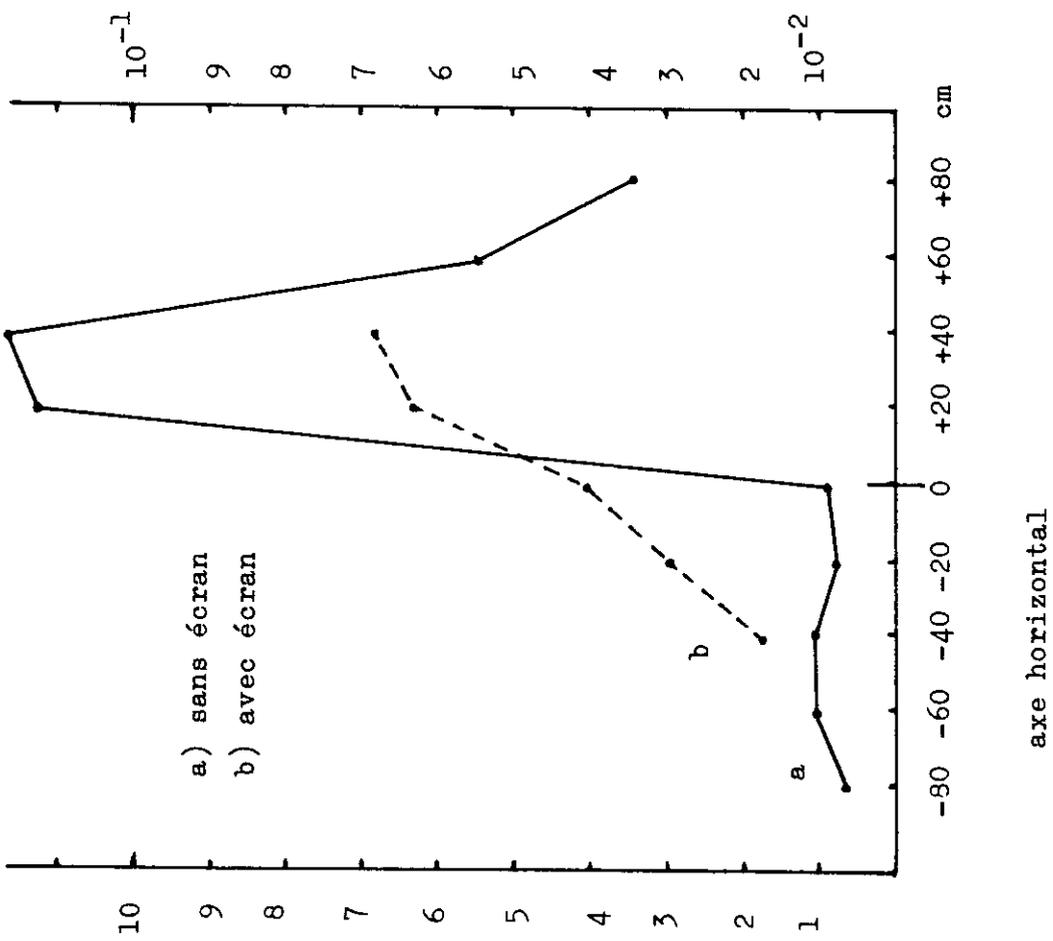


Fig 8 - Profil de l'émission de radiation à 1 m de la cavité RF.

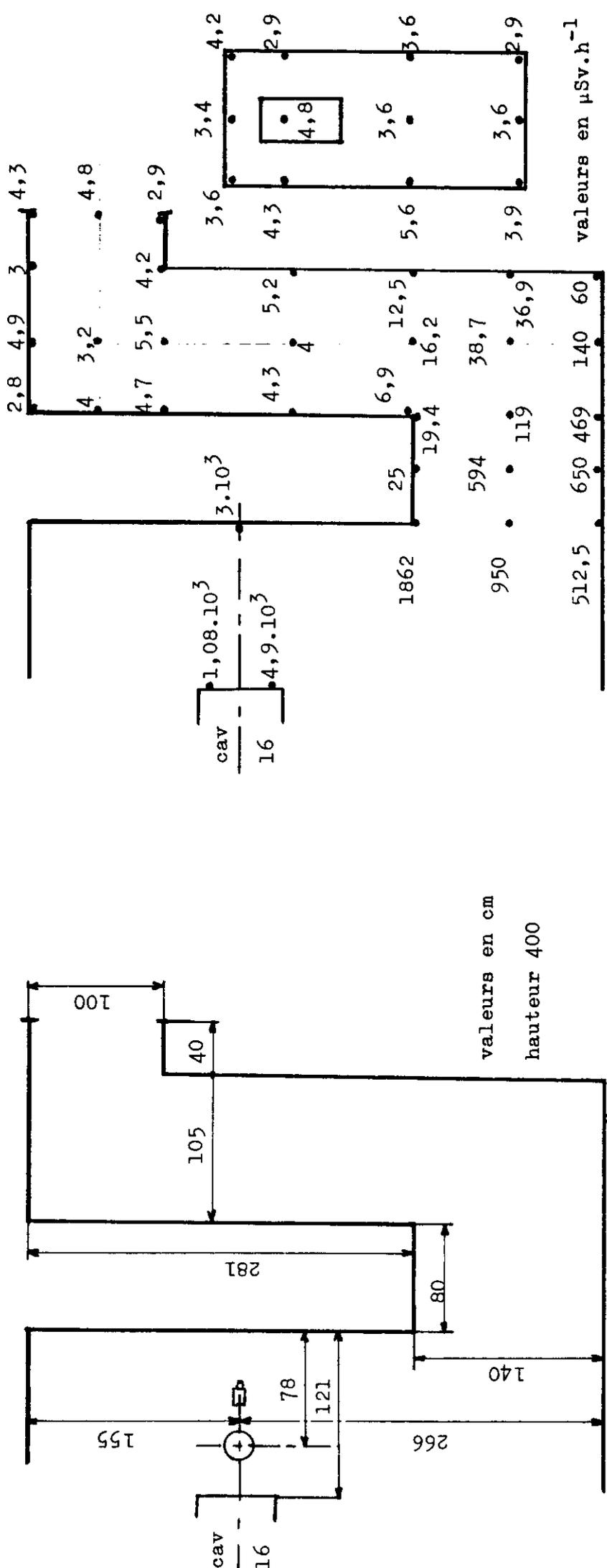


Fig 9 - Chicane d'accès de la zone de test RF

valeurs en $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$

Fig 10 - Débits de dose dans la chicane d'accès à la puissance moyenne de 115 kW/cavité.

hauteur d'exposition 180 cm

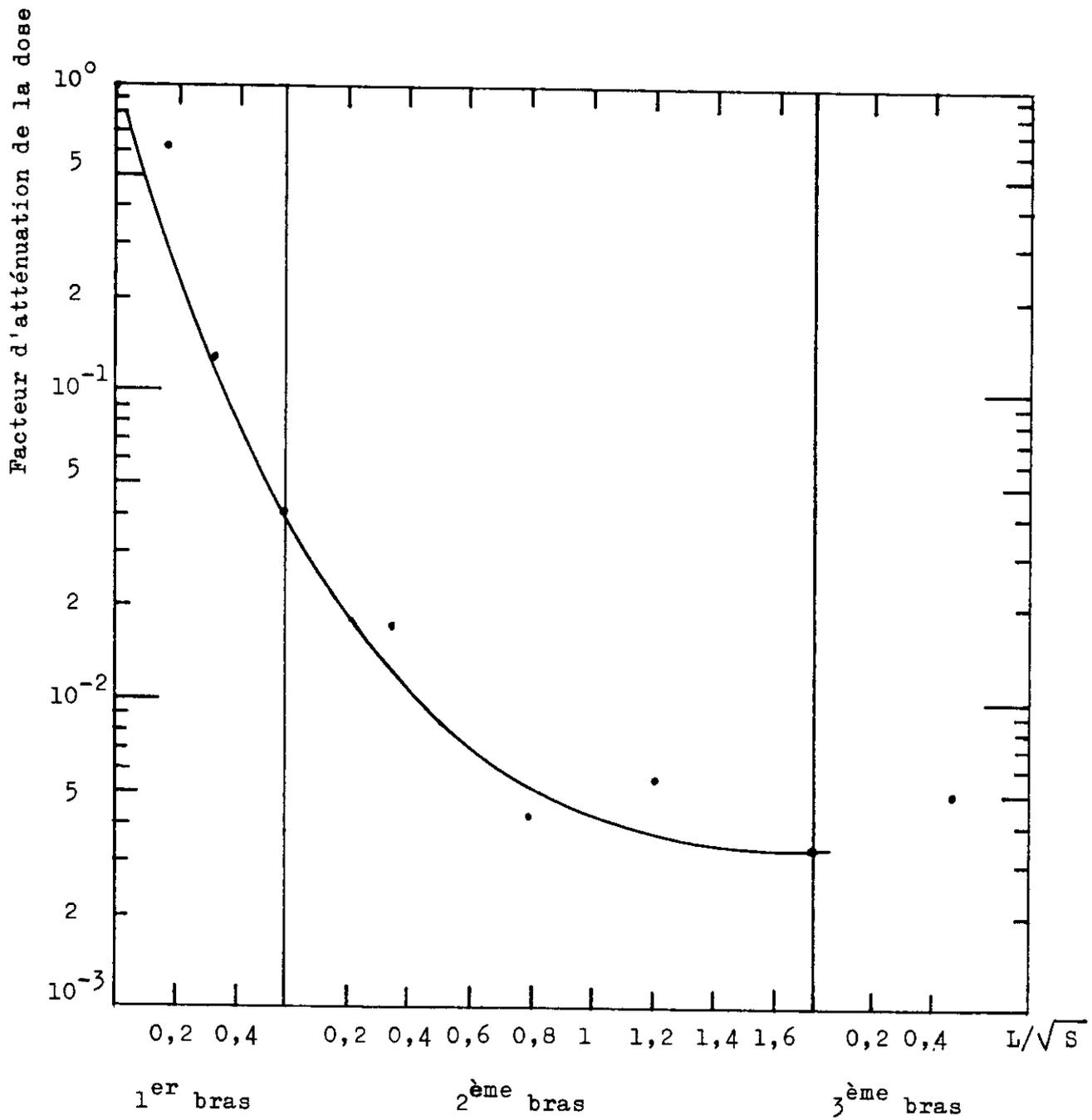


Fig 11 - Atténuation dans la chicane d'accès.