

MESURES SUR LE GROUPEUR W

B. Canard, L. Rinolfi, G. Rossat

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de consolidation du LIL, une nouvelle source ("New front-end") sera installée en septembre 1990. En particulier, le Groupeur V (28 MeV) sera remplacé par le Groupeur W (4 MeV). Afin de vérifier l'état de fonctionnement de ce dernier et d'en évaluer ses performances, une série de mesures a été effectuée. Le klystron utilisé était le MDK97 (réserve du LIL) et le Groupeur était installé dans le bâtiment du CTF.

Les résultats sont reportés dans la présente note.

2. RELATIONS PARTICULIERES

Des mesures en laboratoire [1] et des résolutions graphiques, on déduit les relations suivantes :

$$\bar{E}_z = 13\sqrt{P_0} \quad (1)$$

$$\varepsilon_0 = 3,5\sqrt{P_0} \quad (2)$$

$$E_M = 20\sqrt{P_0} \quad (3)$$

où :

- le champ moyen \bar{E}_z et le champ crête E_M sont exprimés en MV/m,
- le gain d'énergie ε_0 est exprimé en MeV,
- la puissance P_0 dans le Groupeur est en MW.

On rappelle que le gain d'énergie est donné par :

$$\varepsilon_0 = e\sqrt{2R'_s P_0 \ell} \quad (4)$$

où :

- e = charge de l'électron
- ℓ = longueur de la cavité (m)
- $R'_s = R_s T^2$ ($M\Omega/m$)

Pour le Groupeur W :

- $R'_s = 17,9 M\Omega / m$
- $R_s = 29,2 M\Omega / m$ avec $\ell = 0,341$ m.

3. APPLICATIONS EXPERIMENTALES

3.1 Si l'on désire un gain d'énergie $\varepsilon_0 = 4$ MeV, on obtient :

$$\begin{aligned}\bar{E}_z &= 14,9 \text{ MV / m} \\ E_M &= 22,9 \text{ MV / m} \\ P_0 &= 1,3 \text{ MW}\end{aligned}$$

3.2 Les optimisations du nouveau système de Groupement ont été faites avec le code PARMELA où le champ moyen était de $\bar{E}_z = 16$ MV/m.

On obtient pour les autres paramètres :

$$\begin{aligned}E_M &= 24,6 \text{ MV / m} \\ \varepsilon_0 &= 4,3 \text{ MeV} \\ P_0 &= 1,5 \text{ MW}\end{aligned}$$

3.3 Les champs crêtes de 30 MV/m devraient être possibles.

Ce qui conduit à :

$$\begin{aligned}\bar{E}_z &= 19,5 \text{ MV / m} \\ \varepsilon_0 &= 5,25 \text{ MeV} \\ P_0 &= 2,25 \text{ MW}\end{aligned}$$

3.4 Niveau HF dans le Groupeur W en fonctionnement (19.12.86)

Selon le log RF du 19.12.86 :

- le niveau de sortie boîte C = 1,7 à 2 V
- 1,7 V boîte C $\hat{=}$ niveau d'entrée = 40 mW
- 2 V boîte C $\hat{=}$ niveau d'entrée = 50 mW.

Atténuation totale pour cette mesure :

- Coefficient de couplage de la boucle + câble + atténuation + filtre =

$$50,3 + 10,8 + 12,7 + 0,5 = 74,3 \text{ dB}$$

d'où le niveau d'atténuation dans le Groupeur.

- Pour 40 mW à l'entrée de la boîte C, on a 1,076 MW.

- Pour 50 mW à l'entrée de la boîte C, on a 1,345 MW.

Cette dernière valeur correspond à un gain d'énergie de 4 MeV.

4. MESURES EXPERIMENTALES

La figure 1 donne le schéma de montage utilisé durant les tests du mois d'août 1990. Le klystron et les appareils de mesure se trouvent dans la galerie Klystron. Le guide d'onde est celui qui alimente le CTF (bât. 2013).

4.1 Premiers tests

Ils ont été effectués avec une température de l'eau à 30°C.

La fréquence de fonctionnement était alors de 2998,47 MHz.

L'évaluation des différents niveaux est donné dans le tableau 1.

- Pour la mesure PKI sur boîte C :

- coupleur guide	60,10 dB
- atténuateur	20,00 dB
- câble de mesure	4,70 dB
- filtre ADE	0,20 dB
- perte dans le coupleur Narda	<u>0,50 dB</u>
	85,50 dB

- Mesure PKI avec Peak Power Meter :

- coupleur guide	60,10 dB
- filtre Suhner	0,20 dB
- atténuateur	<u>30,00 dB</u>
	90,30 dB

- Mesure LBNW :

- couplage boucle	50,30 dB
- câble de mesure	3,70 dB
- atténuateur	<u>16,00 dB</u>
	70,00 dB

- Mesure de PBWI :

- coupleur guide	58,60 dB
- câble de mesure	3,70 dB
- atténuateur	<u>20,00 dB</u>
	82,30 dB

TABLEAU 1

PKI Mesures sur boîte C	PKI Mesure avec Peak Power Meter	LBNW avec boîte C	PBWI Mesure avec Peak Power Meter
à 85,5 dB lue 1,2 V $\hat{=}$ 20 mW	à 90,3 dB lue 5,8 mW	à 70 dB lue 4 V $\hat{=}$ 170 mW	à 82,3 dB lue 18,8 V mW
<u>$\Rightarrow \hat{=} 7,1$ MW</u>	<u>$\Rightarrow 6,2$ MW</u>	<u>$\Rightarrow 1,7$ MW</u>	<u>$\Rightarrow 3,19$ MW</u>

4.2 Nouvelles calibrations

Compte tenu des trop grandes différences de puissance à la sortie du klystron, à l'entrée du Groupeur et sur la boucle de mesure du Groupeur, il a été nécessaire de tout calibrer (boucle Groupeur, câbles, coupleur, atténuateurs).

A la suite des mesures faites sur le Groupeur, il apparaît que la valeur de couplage de la boucle de 50,3 dB n'est valable que lorsque le Groupeur est parfaitement accordé : les mesures de puissance devront être faites lorsque la température du Groupeur sera stabilisée et la puissance réfléchie minimum (voir figures 2 à 4).

4.3 Résultats des calibrations

- Pour la mesure de PKI :

- coupleur guide	60,10 dB
- câble de mesure	19,20 dB
- atténuateur	<u>0,15 dB</u>
	79,45 dB

- Pour la mesure de PBWI :

- coupleur guide	58,60 dB
- câble de mesure	3,77 dB
- atténuateur	16,10 dB
- filtre Suhner	<u>0,15 dB</u>
	78,62 dB

- Pour la mesure sur la boucle de LBNW :

- couplage boucle	50,30 dB
- câble de mesure	3,86 dB
- atténuateur	15,80 dB
- filtre Suhner	0,15 dB
- atténuateur	<u>5,85 dB</u>
	75,96 dB

4.4 Evaluation des pertes dans le guide

- Entre klystron (PKI) et Groupeur :

- guide d'onde 0,02 dB/m x 25 m	0,50 dB
- fenêtre	0,20 dB
- coupleur 3 dB	<u>3,00 dB</u>
	3,70 dB

4.5 Mise sous puissance avec la fréquence $f_0 = 2998,55$ MHz $\Rightarrow T = 28^\circ\text{C}$.

Les mesures de puissance ont été effectuées avec le même "Peak Power Meter". Elles sont reportées dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Nom	Atténuation	Mesure lue Peak Power Meter	Puissance réelle
PKI	- 79,45 dB	44,20 mW	3,890 MW
PBWI	- 78,62 dB	21,30 mW	1,550 MW
LBNW	- 75,96 dB	40,20 mW	1,585 MW

Calcul des pertes dans le guide, coupleur, fenêtre :

$$10 \log \frac{1,585}{3,89} = -3,89 \text{ dB}$$

Evaluation des coefficients pour les niveaux HF

$$\text{*coefficient PKI} = \frac{\text{valeur réelle}}{\text{valeur lue}} = \frac{3,89}{4,42} = 0,88$$

*coefficient pratique pour la puissance dans le Groupeur =

$$\frac{\text{valeur réelle Groupeur}}{\text{valeur lue PKI}} = \frac{1,585}{4,42} = 0,35$$

donc :

$\text{Puissance dans le Groupeur} = 0,35 \times \text{puissance lue sur le Peak Power Meter}$
--

Difficultés pour monter en puissance

Compte tenu des nombreuses difficultés pour monter la HF dans le Groupeur au-delà de 1,7 MW (claquage), un étuvage s'impose.

4.6 *Étuvage du Groupeur*

Pour des raisons pratiques, le Groupeur sera étuvé au moyen de l'eau chaude en le mettant en série avec les guides d'onde et la fenêtre. La chaudière spéciale a été utilisée.

Cette dernière ne pouvant se brancher que sur les nourrices d'alimentation du LIPS 97, et celui-ci n'étant pas sous vide, les circuits d'arrivée et de retour du LIPS ont été court-circuités pour permettre l'alimentation du réseau et du Groupeur.

L'étuvage s'est fait de 50°C jusqu'à 110°C par paliers de 10°C toutes les 30 minutes ; puis une nuit complète à 110°C. Le jour suivant 2 heures à 120°C et un retour progressif en environ 4 heures de 120°C jusqu'à l'arrêt de la chaudière.

Problèmes de vide

Le niveau du vide à l'entrée du Groupeur était remonté à $5 \cdot 10^{-8}$ Torr. On détecte une fuite au niveau de la boucle. On décide de continuer la formation.

La puissance lue sur PKI atteint $\simeq 6$ MW.

$$\Rightarrow \underline{2,1 \text{ MW dans le Groupeur}}$$

4.7 *Mesure des différents points de fonctionnement du Groupeur*

Ces mesures sont faites pour 3 différentes valeurs lues du PKI avec le Peak Power Meter (4 MW, 5 MW, 5,5 MW).

Il a été mis en évidence la nécessité de baisser la température de fonctionnement de la station d'eau lorsque la puissance du klystron augmente afin d'avoir un réfléchi minimum. (Voir figure 5.)

- *Arrêt des tests pour réparation de la fuite*

Le vide au niveau du Groupeur étant de l'ordre de 7 à $8 \cdot 10^{-8}$ Torr nous décidons de procéder à la réparation. Après démontage du câble coaxial semi-rigide, le

vide est de l'ordre de $8 \cdot 10^{-8}$ Torr et nous n'avons pas trouvé de fuite. Les tests sont alors poursuivis.

- *Nouveaux tests HF*

La puissance atteint (PKI lue) 5,5 MW :

⇒ puissance dans le Groupeur $\simeq 1,9$ MW

mais le vide est à nouveau $4 \cdot 10^{-8}$ Torr.

- *Nouvel arrêt pour détection de fuite*

Nous n'avons pas trouvé de fuite mais après plusieurs manipulations ON→OFF sur la pompe VPI3 le vide descend rapidement à quelques 10^{-9} Torr.

4.8 Mesures RF

Après l'étuvage et après avoir réglé les problèmes du vide, une nouvelle série de mesures a été effectuée. Elles sont résumées dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Puissance lue sur le Peak Power Meter en sortie du klystron	5,5 MW
Fréquence source	2998,55 MHz
Température eau de refroidissement	27,5°C
Vide	$8 \cdot 10^{-9}$ Torr

	Puissance lue (mW)	Atténuation (dB)	Puissance réelle (MW)
PKI	55,30	79,45	4,87
PBWI	26,00	78,62	1,90*
LBNW	50,04	75,96	2,00*

Atténuation réelle du guide d'onde CTF : $10 \log (1,95/4,87)$	= - 3,97 dB
Coefficient de lecture Peak Power Meter : $10 \log (4,87/5,50)$	= 0,88
Coefficient pratique expérimental : $10 \log (1,95/5,50)$	= 0,35

* La moyenne entre les 2 valeurs de puissance réelle dans le Groupeur W sera prise égale à 1,95 MW.

Pour avoir 2,1 MW stables dans le Groupeur, 4 jours et nuits de formation ininterrompue ont été nécessaires :

⇒ Maximum obtenu : PKI lue = 6,4 MW.

⇒ Maximum obtenu dans le Groupeur \simeq 2,25 MW (vide $1,2 \cdot 10^{-9}$ Torr).
(Voir figure 6).

5. CONCLUSIONS

Deux semaines de tests ont permis de vérifier le bon fonctionnement du Groupeur W. Les résultats des mesures montrent une très bonne cohérence au niveau de la puissance injectée dans le Groupeur lorsque la température de l'eau est réglée à l'optimum pour obtenir une puissance réfléchie minimum. Suivant la puissance nominale de fonctionnement retenue, il faudra régler la température de refroidissement selon les courbes de la figure 5. Finalement, ces tests ont montré qu'un champ électrique crête de 30 MV/m dans le Groupeur pouvait être atteint.

REFERENCES

- [1] J.C. Bourdon, J. Rodier, *Réglage des cellules du groupeur e⁻ W LIL et résultats expérimentaux*, LAL/PI 86-8/T.

- Montage de tests -

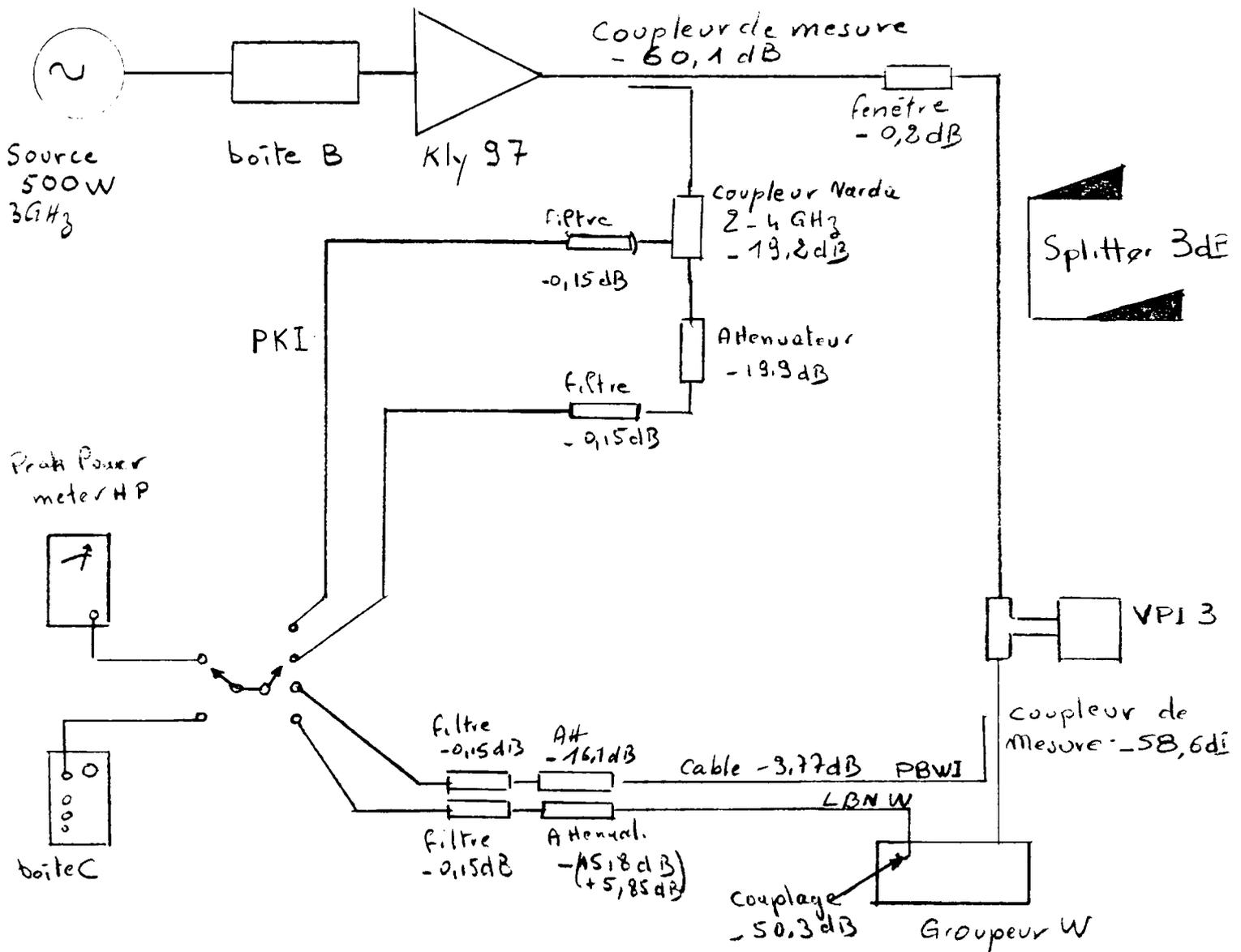
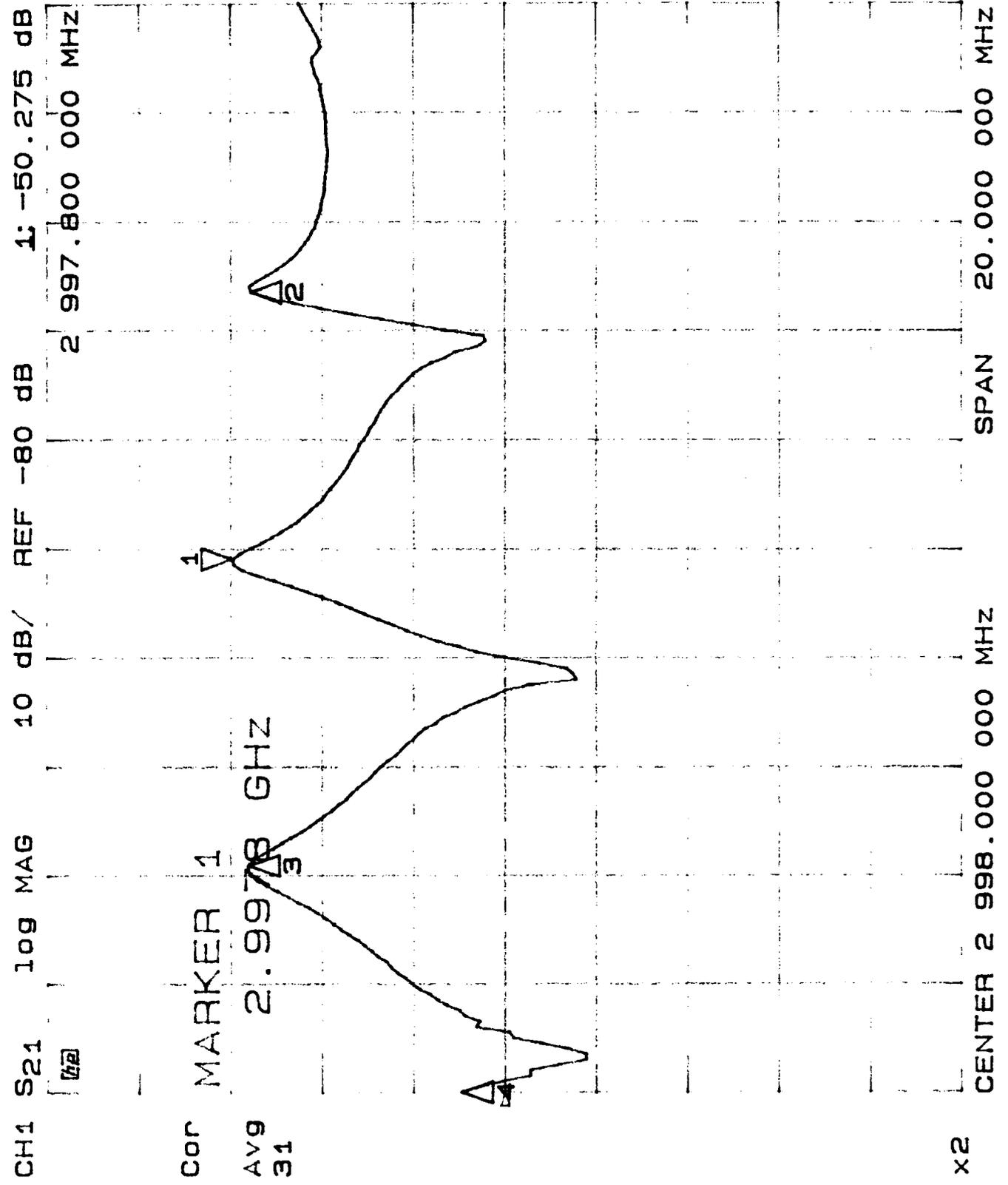


Fig 1.



Groupeur W

Boucle RF

1: 2997.800 MHz
 S21 = -50.25

2: 3002.788 MHz
 S21 = -52.0 dB

3: 2992.108 MHz
 S21 = -51.88 dB

14.8.90

Fig. 2-

Groupeur W
Input Coupler

1: 2997.8 MHz
SWR = 1.25

2: 3002.7 MHz
SWR = 5

3: 2992.2 MHz
SWR = 1.25

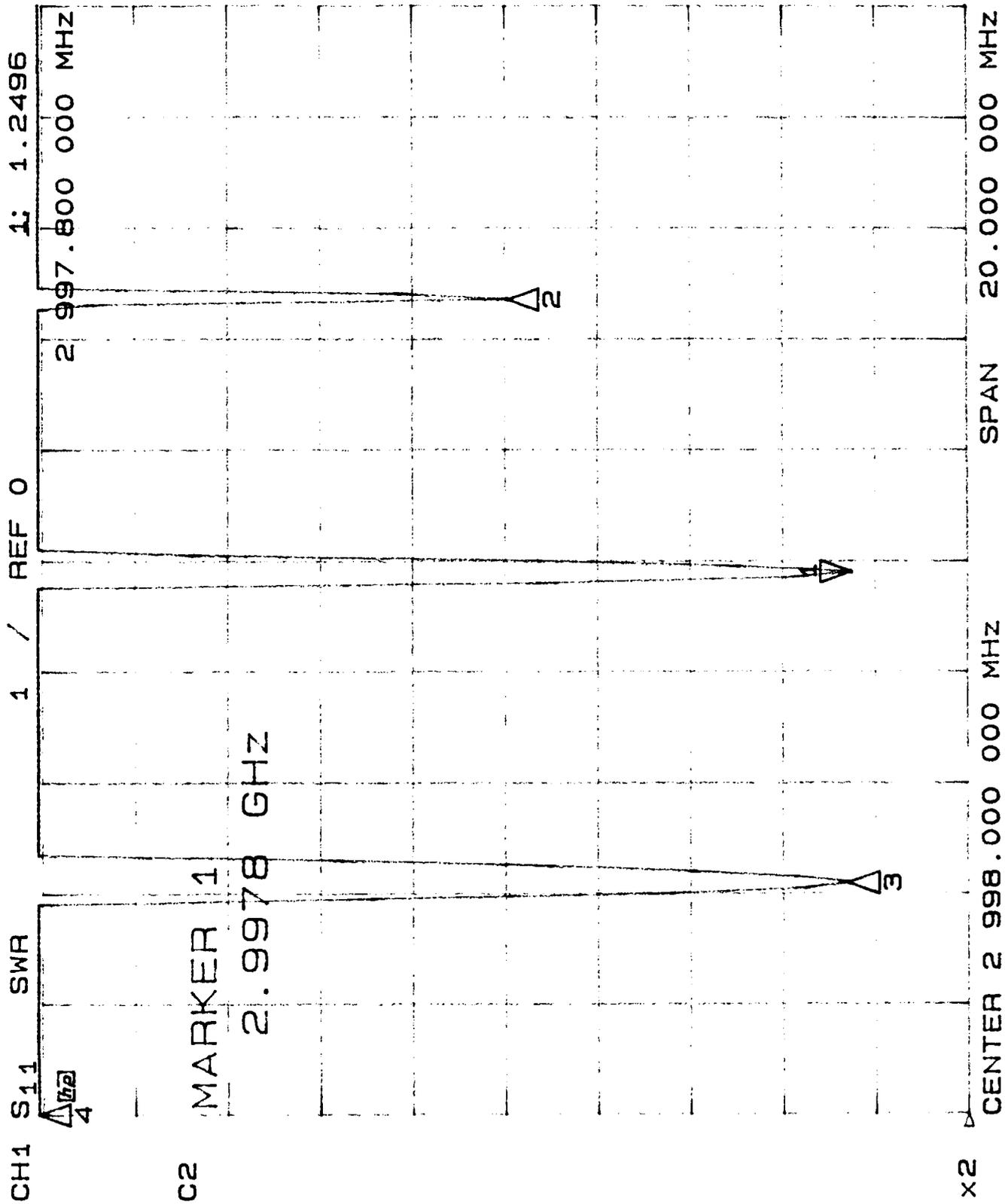
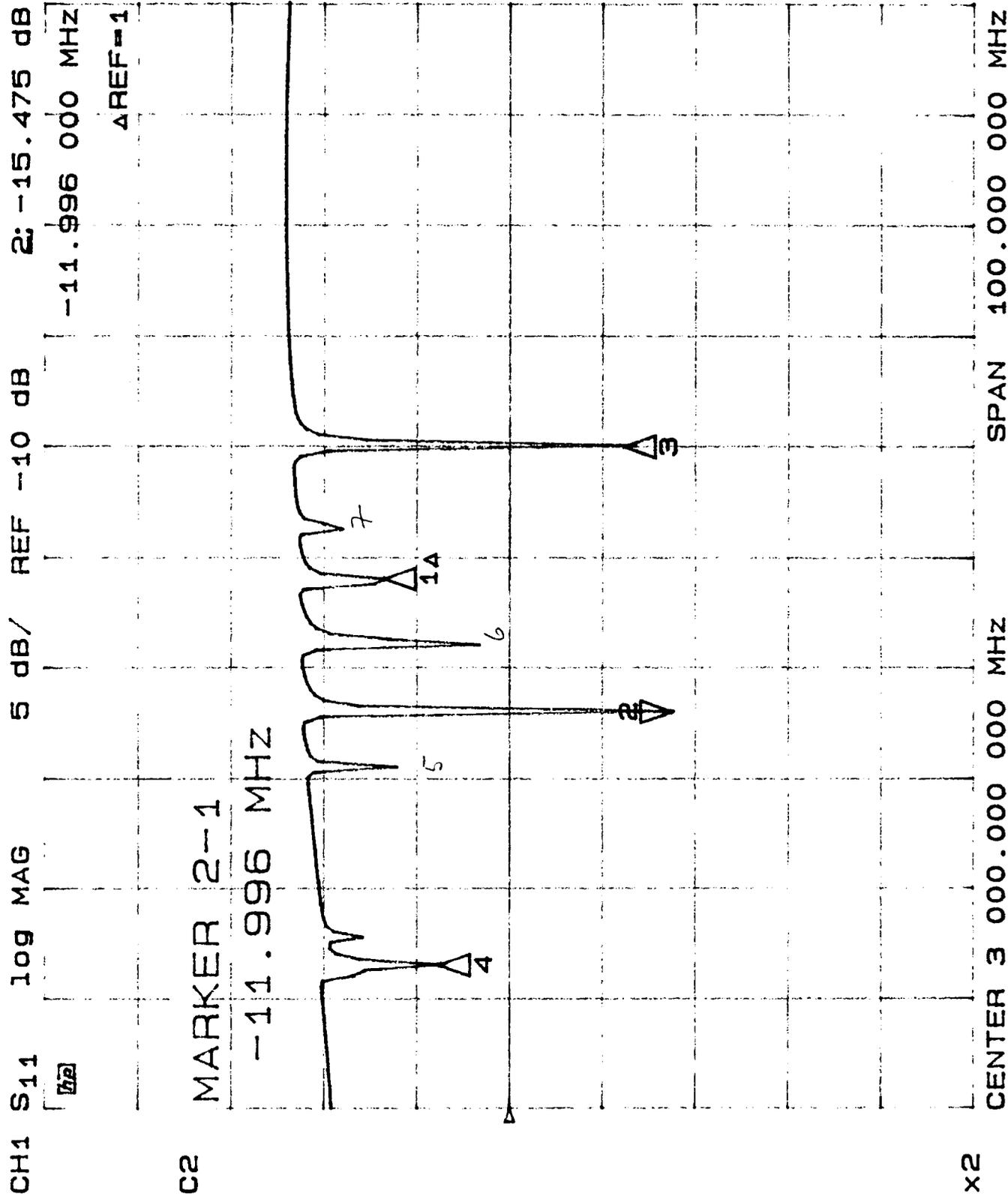


Fig. 2-

14.8.90



Groupeur W

Input Coupler

Mode Freq.

- 1: 2998.0 MHz
- 2: 2986.0 MHz
- 3: 3010.0 MHz
- 4: 2968.0 MHz
- 5: 2981.0 MHz
- 6: 2992.0 MHz
- 7: 3002.5 MHz

Fig 4-

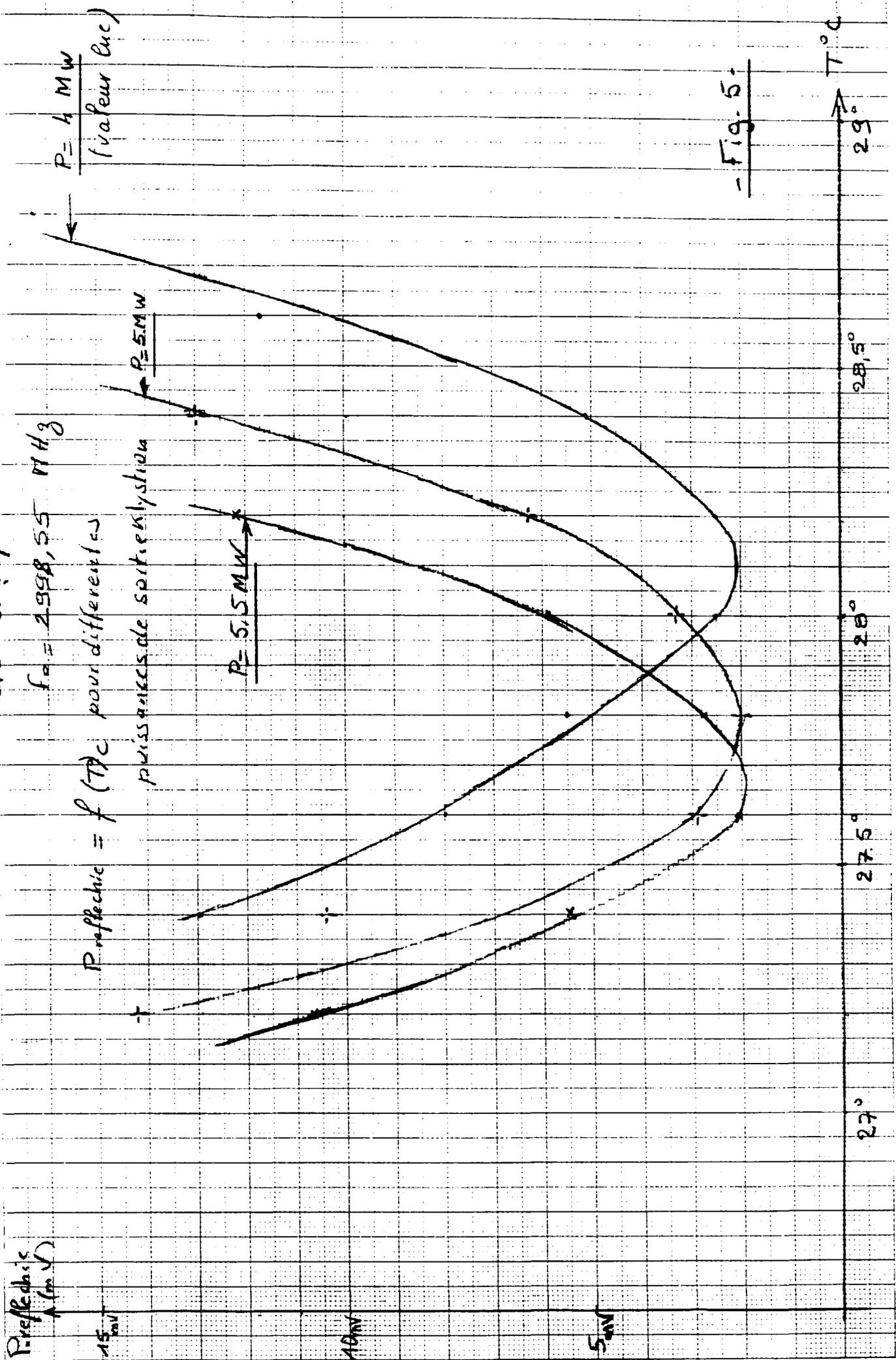
14.8.90

Tests Groupeur W

$f_0 = 2998,55 \text{ MHz}$

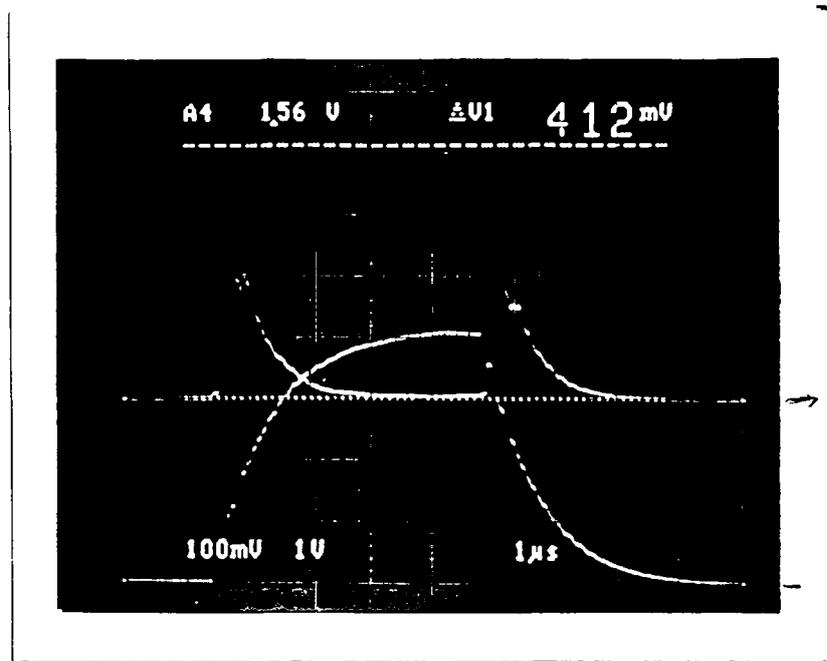
$P_{\text{refl\u00e9chie}} = f(T)_{\text{C}}$

puissance de sortie klystron



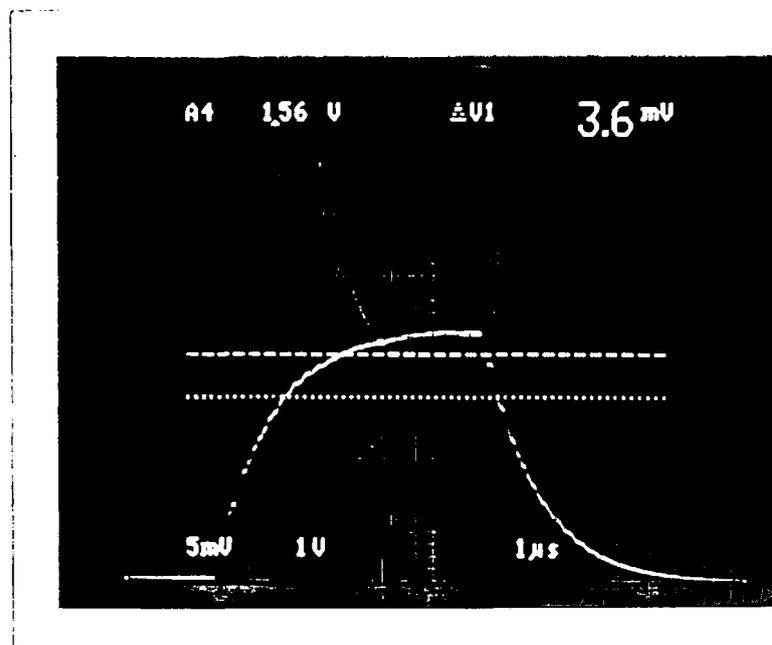
- Fig. 5 -

Signaux HF du Groupeur W



PKI lue 6,2 MW

⇒ dans le buncher $6,2 \times 0,35 = 2,17$ MW



PKI lue 6,2 MW

Fig. 6.