

ETALONNAGE DU RESEAU DECAMETRIQUE

II

SYSTEMES ELECTRONIQUES

Jérôme de la Noë

Carlo Rosolen

Jacqueline Couteret

Août 1979

Sommaire

I - Introduction

- I.1 Généralités
- I.2 Définitions
- I.3 Plan

II - Détermination du facteur de bruit des diodes

- II.1 Principe de la mesure
- II.2 Mesure de la température du "récepteur"
- II.3 Mesure de la température des amplis
- II.4 Diode de référence AIL
- II.5 Diode 64 pas et tiroir répartiteur
- II.6 Diodes réseaux
- II.7 Discussion

III - Chaînes partielles d'amplification

- III.1 Réponse en fréquence
- III.2 Discussion

IV - Amplification et Température des chaînes d'amplification

- IV.1 Mesure des coefficients d'amplification
 - IV.1.1 Méthode de mesure
 - IV.1.2 Réglages
 - IV.1.3 Mesures
 - IV.1.4 Discussions
- IV.2 Mesure de la température
 - IV.2.2 Méthode de la charge adaptée 50 Ω
 - IV.2.2 Mesures
 - IV.2.3 Discussion

V - Réseau

I - INTRODUCTION

I.1 Généralités

L'étalonnage d'une antenne ne peut se faire en absolu que si l'on est capable de calculer sa puissance de captation à partir de ses caractéristiques physiques : c'est le cas du cornet, par exemple. Dans les autres cas où un tel calcul est impossible on doit se contenter de mesures relatives : deux méthodes sont alors disponibles,

- 1 - remplacement de l'antenne par un tube à bruit parfaitement étalonné,
- 2 - référence à une radiosource de flux connu aussi précisément que possible

Dans le cas des réseaux décamétriques droit et gauche de Nançay le calcul théorique de l'antenne est impossible en absolu du fait du type de l'antenne utilisée : hélice spirale log-périodique et les facteurs de mise en réseau (facteur de bloc, facteur de réseau global) sont estimables mais très grossièrement et ils varient avec la fréquence (Aubier 1975).

Une mesure de calibration relative est la seule solution. La première méthode (remplacement de l'antenne par un tube à bruit) n'est pas possible pour plusieurs raisons :

- grand nombre d'antennes : 144,
- mise en réseau de blocs de 8 antennes,
- mise en réseau de 9 blocs.

Chacune des deux étapes de mise en réseau fait intervenir des systèmes électroniques (préamplificateurs, câbles, lignes à retard ...) ce qui fait que la liaison antenne-récepteur n'est pas directe. La seule méthode possible est celle de la référence à une radiosource connue. Cependant même dans ce cas on a besoin d'utiliser des sources de bruit artificielles pour étalonner les systèmes électroniques intermédiaires entre antennes et récepteurs

I.2 Définitions

Les caractéristiques de l'antenne hélice spirale log périodique font qu'elle n'est pas accessible aisément au niveau du balun. En effet le boîtier de télécommande par commutation de diodes et le balun sont immergés dans le haut du mât. Le câble de descente de chaque antenne est prolongé

jusqu'au boîtier de sommation par 8, par un câble de liaison dont la longueur dépend de la position de l'antenne dans le bloc (Paillé 1975).

Ce n'est donc qu'au niveau du sommateur par 8 que l'on a pu placer une diode de bruit dite diode réseau (D_R). Il y en a 18, une par bloc :
 A1 à A9 pour le réseau droit
 B1 à B9 pour le réseau gauche.
 Chacune de ces diodes est suivie par un atténuateur à 3 pas de 10 dB.

Une fois le signal cohérent obtenu pour l'ensemble d'un réseau, c'est au niveau des tiroirs répartiteurs de ce signal que l'on a introduit une autre diode de bruit suivie d'un atténuateur à 64 pas de 1 dB, dite diode 64 pas (D_{64}), (cf. Rosolen 1978).

On appellera chaîne d'amplification du réseau l'ensemble des systèmes électroniques (amplificateurs, câbles de transmission, filtres, lignes à retard) situé entre les points Σ (fig. 1 et fig. 2) et le point Ω (fig. 2) ; avec Σ = point de commutation D_R /bloc de 8 antennes et Ω = point de commutation D_{64} /Réseau.

1.3 Plan du rapport

Le présent travail a pour but de connaître les caractéristiques (amplification et température) des systèmes électroniques utilisés avec les réseaux. Pour cela il faut au préalable connaître autant que possible la valeur numérique des diodes à bruit utilisées. Une méthode de mesure a été mise au point dont on s'est assuré de la précision en mesurant une diode de référence parfaitement connue (AIL PIN 07615) dont les caractéristiques sont données par le constructeur. Le banc de mesure dont on dispose permet la mesure à 30 MHz seulement. La méthode de mesure qui passe par la mesure de température de certains systèmes utilisés dans le banc, et les résultats sont donnés dans le chapitre II. Le chapitre III donne les spectres des 18 chaînes d'amplification partielle de chaque bloc du point Σ aux points Θ situés à l'entrée des tiroirs ligne à retard. Le chapitre IV concerne la mesure et les résultats du coefficient d'amplification et de la température de la chaîne d'amplification à différentes fréquences. Enfin au chapitre V on tire les conclusions de ces mesures en ce qui concerne l'observation du ciel et de radiosources.

II - DETERMINATION DU FACTEUR DE BRUIT DES DIODES

II.1 Principe de la Mesure

Dans toute la série de mesures faites en laboratoire sur les diodes de bruit, on utilise le banc de mesure représenté dans la figure 3 où l'on trouve :

- deux amplis de gain 15 dB (boitier portable fait par C. Rosolen) séparés par un atténuateur de 6 ± 0.1 dB, large bande,
- un atténuateur fixe 10 ± 0.1 dB large bande,
- un ampli (DAM) de 25 dB large bande,
- un ampli de 40 dB à 30 MHz de bande passante 2 MHz,
- un atténuateur de précision à 30 MHz à 0.01 dB,
- un ampli à 30 MHz et 1 détecteur,
- un enregistreur Sefram.

Méthode de mesure : On place une charge de référence de température connue T_1 (charge adaptée 50Ω à 290°K) à l'entrée de 1^o ampli 15 dB,

- on fixe l'atténuateur de précision pour que le niveau de sortie Sefram soit convenable, soit G l'atténuation,
- on remplace la charge de référence par le système dont l'on veut mesurer la température T_2 ,
- avec l'atténuateur de précision on recherche l'atténuation G' qui ramène le Sefram à la même position qu'avant.

$$\frac{T_1}{G} = \frac{T_2}{G'} \quad \text{soit} \quad T_2 = T_1 \frac{G'}{G} \quad (\text{III-1})$$

II.2 Mesure de la température T_R du "récepteur"

Le récepteur qui sera utilisé pour la mesure des facteurs de bruit des diodes est en fait le boitier de rechange des 18 boitiers d'amplification des blocs sur le terrain.

On utilise le générateur à charge chaude/charge froide du labo d'électronique de Nançay. Charge chaude : four à 100°C $T_{ch} = 373.2^\circ\text{K}$,

Charge froide : azote liquide $T_{fr} = 77.3^\circ\text{K}$.

On connecte à l'entrée du banc (Fig. 3) le boitier montré dans la figure 4.

Charge froide $G = 6.00$ dB $\frac{G'}{G} = 1.86$ dB $R = 1.53$,

Charge chaude $G' = 7.86$ dB.

On applique (II.1)

$$(T_R + 373.2) = (T_R + 77.3) \frac{G'}{G} \quad T_R = 480 \pm 8^\circ \text{ K}$$

II.3 Mesure de la température des deux amplis 15 dB en série T_Q

On se borne à utiliser le banc de mesure de la figure 3 à l'entrée duquel on met le générateur source chaude/froide.

$$\begin{array}{ll} \text{charge chaude} & G = 600 \text{ dB} \\ \text{charge froide} & G' = 8.45 \text{ dB} \end{array} \quad \frac{G'}{G} = 2.45 \quad h = 1.76$$

on applique encore (II-1)

$$(T_Q + 373.2) = (T_Q + 77.3) \frac{G'}{G} \quad T_Q = 320^\circ \pm 5^\circ \text{ K}$$

N.B. : ces deux valeurs T_R et T_Q seront couramment utilisées dans ce qui suit.

II.4 Mesure d'une diode à bruit de référence AIL PIN 07615

Même dispositif qu'en II.2

$$\begin{array}{ll} \text{Charge } 50 \Omega \text{ à l'ambiante } (T_o = 290^\circ \text{K}) & G = 8.00 \text{ dB} \\ \text{Diode AIL + 10 dB (fixe)} & T'_D \quad G' = 12.32 \text{ dB} \end{array} \quad \frac{G'}{G} = 4.32 \text{ dB} \quad R : 2.$$

on applique (II.1)

$$(T_Q + T_o) \frac{G'}{G} = T'_D + T_Q + T_o \quad T'_D = 1040 \pm 38^\circ \text{K}$$

d'où la température de la diode seule $T_D = 10400 \pm 612^\circ \text{K}$

et son facteur de bruit $F_D = 10 \log \frac{T_D}{300} = 15.4 \pm 0.2 \text{ dB ENR}$

or à 30 MHz cette diode est donnée avec $F_D = 15.5 \pm 0.1 \text{ dB ENR}$

La méthode ainsi vérifiée sur cette diode de référence on peut maintenant l'appliquer aux diodes utilisées par les réseaux.

II.5 Mesure de la diode D₆₄

Par la même méthode que ci-dessus on a mesuré la diode 64 pas D₆₄ seule, puis D₆₄ avec les amplis inclus dans le tiroir diviseur, puis à la sortie du diviseur par deux, puis sur les sorties S_B et S₁. Les résultats sont donnés dans le tableau 1.

TABLEAU 1

DIODE	G'/G dB	G'/G	T' _D °K	Atténua- tion dB	T _D °K	F _D dB ENR
IL PIN 07615	4.32	2.70	1040 ± 38	10 ± 0.1	10400 ± 612	15.4 ± 0.2
diode 64 pas seule	3.23	2.10	662 ± 28	33 ± 0.1	(1.3 ± 0.8)10 ⁶	36.4 ± 0.2
diode 64 pas + Amplis	18.80	75.86	45663 ± 1160	63 ± 0.1	(9.1 ± 0.4)10 ¹⁰	84.8 ± 0.2
sortie diviseur /2	15.83	38.28	22742 ± 601	63 ± 0.1	(4.5 ± 0.2)10 ¹⁰	81.8 ± 0.2
sortie S _B	22.4	173.78	1,054 10 ⁵ ± 0.03	63 ± 0.1	(2.1 ± 0.1)10 ¹¹	88.5 ± 0.2
sortie S ₁	22.8	190.55	1,156 10 ⁵ ± 0.03	63 ± 0.1	(2.3 ± 0.1)10 ¹¹	88.9 ± 0.2

II.6 Mesure des diodes réseau

Pour cette série de mesures on a utilisé le banc de la figure 3 à l'entrée duquel on a connecté le boîtier "récepteur" de la figure 4 dans lequel les diodes ont été successivement implantées. Le résultat tient donc compte des pertes d'insertion.

Exemple diode A1 (venant du bloc D₁)

On a utilisé un atténuateur commutable 30 ± 0.1 dB

- charge à l'ambiante T₀ : G = 13.00 dB

- diode dans le boîtier T'_{A1} : G' = 19.39 dB

$$\frac{G'}{G} = 6.39 \text{ dB} \quad R = 4.36$$

On applique II.1 : $(T'_R + T'_0) R = T'_{A1} + T'_R$

d'où

$$T'_{A1} = R(T'_R + T'_0) - T'_R = (2877. \pm 83)^\circ\text{K}$$

compte tenu des 30 dB

$$T_{A1} = (2877 \cdot 10^3 \pm 149)^\circ\text{K}$$

facteur de bruit

$$F_{A1} = (39.8 \pm 0.2) \text{ dB ENR}$$

Les résultats concernant les 18 diodes réseau sont résumés dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Diode	Bloc	G'/G dB	T' _D °K	Atténuation dB	T _D °K	T _D dB ENR
A1	D1	6.39	2873	30	2873 10 ³	41.21 ± 0.2 39.8 ± 0.1
A2	D2	8.46	4921	"	4921 10 ³	42.1 ± 0.1
A3	D3	7.60	3951	"	3951 10 ³	41.2 ± 0.1
A4	D4	7.64	3992	"	3992 10 ³	41.2 ± 0.1
A5	D5	7.39	3742	"	3742 10 ³	41.0 ± 0.1
A6	D6	7.59	3941	"	3941 10 ³	41.2 ± 0.1
A7	D7	7.89	4257	"	4257 10 ³	41.5 ± 0.1
A8	D8	7.67	4023	"	4023 10 ³	41.3 ± 0.1
A9	D9	8.00	4378	"	4378 10 ³	41.6 ± 0.1
<hr/>						41.13 ± 0.2
B1	G1	8.45	4920	30	4920 10 ³	42.1 ± 0.1
B2	G2	7.78	4188	"	4138 10 ³	41.4 ± 0.1
B3	G3	7.93	4301	"	4301 10 ³	41.6 ± 0.1
B4	G4	7.21	3570	"	3570 10 ³	40.8 ± 0.1
B5	G5	7.93	4301	"	4301 10 ³	41.6 ± 0.1
B6	G6	6.65	3080	"	3080 10 ³	40.1 ± 0.1
B7	G7	7.55	3900	"	3900 10 ³	41.1 ± 0.1
B8	G8	7.30	3655	"	3655 10 ³	40.9 ± 0.1
B9	G9	7.12	3487	"	3487 10 ³	40.6 ± 0.1

$$\begin{cases} T_D = 50.75 \text{ dB ENR} \\ T_G = 50.67 \text{ dB ENR} \end{cases}$$

II.7 Discussion

Dans le cas de la D₆₄ qui est vendue avec une courbe d'étalonnage du bruit en fonction de la fréquence, on constate que cette courbe est quasi-plate. C'est-à-dire que la valeur mesurée à 30 MHz peut être utilisée sans correction aux autres fréquences d'utilisation. Il faudra cependant, dans certains cas, tenir compte des courbes de réponse en fréquence des deux étages du répartiteur selon que l'on utilise les sorties S_B, S_C et S_D ou les sorties S₁ à S₈.

Dans le cas des diodes Réseau le fabricant n'assure pas que la cour-

be du bruit émis soit plate en fonction de la fréquence. Donc en l'absence de cette information et de bancs de mesure utilisables à d'autres fréquences que 30 MHz, on prendra les valeurs mesurées à 30 MHz en augmentant l'incertitude.

III - CHAINES PARTIELLES D'AMPLIFICATION

III.1 Réponse en fréquence

Une fois les diodes réseau remises en place dans leur boîtier respectif sur le terrain, on s'est commuté via la télécommande sur leur signal. Puis on a envoyé à un récepteur à balayage le signal obtenu à la sortie de l'amplificateur de bloc situé au ratelier d'arrivée c'est-à-dire au point $\textcircled{\theta}$ avant l'entrée dans le système ligne à retard.

Faisant cette opération successivement pour les 9 blocs du RD et les 9 blocs du RG on peut comparer la courbe de réponse en fréquence de chacune des chaînes partielles.

Ces chaînes comprennent : le système commutation D_R /antenne, les filtres, le préampli du boîtier, le câble de liaison boîtier-labo, le préampli du ratelier d'arrivée. Les 18 courbes de réponse sont données dans la figure 5a pour le réseau droit et 5b pour le réseau gauche.

On peut considérer que les écarts de niveau à une fréquence donnée ne diffèrent pas plus de 9 %. Cette variation prend en compte évidemment des spectres d'émission des diodes réseau qui nous sont inconnus. Mais on remarque dans la figure 5a que les diodes A_1 et A_2 qui ont les valeurs de facteur de bruit la plus faible et la plus forte respectivement (Tableau 2) correspondent aux courbes inférieure et supérieure. Ce qui veut dire que la dispersion constatée dans les figures 5a et 5b provient de la dispersion des diodes réseau elles-mêmes et que les chaînes partielles d'amplification sont bien équivalentes à quelques pourcents près.

III.2 Discussion

Dans ces conditions on peut envisager que le bruit fourni simultanément par les 9 diodes d'un réseau correspond à une diode unique équivalente dont le facteur de bruit est la valeur moyenne des facteurs de bruit des diodes utilisées.

pour le réseau droit $F_D = 41.2 \pm 0.2$ dB ENR

pour le réseau gauche $F_G = 41.1 \pm 0.2$ dB ENR

Ces valeurs sont données pour la fréquence 30 MHz à laquelle les mesures de bruit ont été faites.

Pour les autres fréquences d'utilisation, en l'absence d'information sur la courbe de réponse en fréquence des diodes, on augmentera simplement l'incertitude, soit

$$F_{D\text{éq}} = 41.2 \pm 0.5 \text{ dB ENR}$$

$$F_{G\text{éq}} = 41.1 \pm 0.5 \text{ dB ENR}$$

Handwritten signature and initials
1+7

IV - AMPLIFICATION ET TEMPERATURE DES CHAINES D'AMPLIFICATION

On désigne par chaîne d'amplification du réseau l'ensemble des composants électroniques situés entre les points Σ de commutation Diode/sommateur et le point de commutation Ω Antenne/diode 64 dans le tiroir diviseur (Fig. 2). On trouve

- | | |
|----------------------|--|
| 1 - Pour chaque bloc | <ul style="list-style-type: none"> - la commutation D_R/antenne - le filtre 10-120 MHz - la commutation des autres filtres - le préampli large bande du boitier - le câble KX14 transmission du signal au labo - le préampli large bande du ratelier d'arrivée. |
| 2 - Pour les 9 blocs | <ul style="list-style-type: none"> - les trois tiroirs de lignes à retard EW et le NS. - le câble de transmission au tiroir diviseur. |

IV.1 Mesure du coefficient d'amplification des deux réseaux D et G.

IV.1.1 Méthode de Mesure :

- On utilise le système de réception de la Figure 6,
- On règle l'analyseur de spectre à la fréquence de mesure,
- On commute les diodes réseau sur 30 dB d'atténuation,
- On règle l'atténuateur Texscan à 0 dB,
- On ajoute le zéro du Sefram de manière à avoir le niveau au centre de la piste,
- On commute la diode 64 pas et on cherche à encadrer le niveau de référence,
- On commute à nouveau sur les diodes réseau avec 20 dB d'atténuation,
- On règle l'atténuateur Texscan de façon à avoir un niveau aussi proche que possible (à 1 dB près) du niveau de référence,
- puis on encadre le niveau obtenu avec deux atténuateurs de la diode 64 pas,
- et ainsi de suite pour les niveaux 20 dB à 0 dB d'atténuation de D_{64} .

IV.1.2

Réglages :

Analyseur spectre f : au choix linear
 b : 300 kHz niveau 0.1 mv/ div.
 zéro MHz/div

Pointage f : fréquence de l'observation
 filtre 1 (10-120 MHz) et filtre 2 (20-80 MHz)

Sefram 200 mv/ div.
 cdt C
 0 échelle

IV.1.3

Mesures :

en appelant

84-8

F_{64} le facteur de bruit de la diode 64 pas + amplis

A_2 l'atténuation mesurée

61-2-611

F_D et F_G les facteurs de bruit équivalents des diodes réseau
 D et G

0-30

A_1 l'atténuation appliquée à la diode réseau
 avec

$$F'_{64} = F_{64} - A_2 \quad (IV-1)$$

$$F'_{D/G} = F_{D/G} - A_1 \quad (IV-2)$$

alors le coefficient d'amplification de la chaîne des réseaux
 D ou G sera

$$\alpha_{D/G} = F'_{64} - F'_{D/G} = F_{64} - A_2 - F_{D/G} + A_1 \quad (IV-3)$$

Cette relation est vraie si on néglige la calibration en température de la chaîne d'amplification. Les tableaux 3 et 4 résument les résultats des mesures de α pour chaque filtre et chaque réseau en fonction de la fréquence et pour les quatre niveaux d'atténuation possibles des diodes réseau.

IV.1.4

Discussion :

On constate que à une fréquence donnée, pour un filtre donné le coefficient d'amplification croît pour les faibles niveaux. En effet dans le cas des atténuations A_1 de 30 et 20 dB la contribution en température de la chaîne d'amplification est à un niveau non négligeable. Les coefficients d'amplification des chaînes sont donc pris comme étant ceux mesurés aux forts niveaux (10 et 0 dB d'atténuation). C'est eux que donnent les dernières lignes de chaque sous tableau. Leurs valeurs ont été tracées

en fonction de la fréquence dans les figures 7a et 7b pour chaque filtre et chaque réseau.

TABLEAU 3

Coefficients d'amplifications α chaîne Réseau Droit

FILTRE 1

f MHz A_1 dB	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
30	29.2	30.1	30.7	31.3	31.8	32.3	32.8	33.3	33.7	34.0
20	28.5	29.4	30.0	30.6	31.1	31.6	32.0	32.5	32.8	33.0
10	28.4	29.2	29.8	30.3	30.6	31.1	31.5	31.8	32.0	32.0
0	28.3	29.2	29.8	30.4	30.6	31.0	31.5	31.8	32.0	32.2
$\alpha_{dB} +0.1$	28.4	29.2	29.8	30.4	30.6	31.0	31.5	31.8	32.0	32.1

FILTRE 2

f MHz A_1 dB	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
30	26.0	29.6	30.3	30.9	31.1	31.5	31.8	30.3	27.1	24.7
20	24.3	28.8	29.6	30.2	30.4	30.6	30.8	28.3	24.2	20.7
10	24.2	28.6	29.3	29.8	29.9	30.1	30.1	27.8	23.5	18.6
0	24.1	28.5	29.3	29.9	30.0	30.1	30.3	27.5	23.7	19.0
$\alpha_{dB} +0.1$	24.1	28.5	29.3	29.9	30.0	30.1	30.2	27.6	23.6	18.8

TABLEAU 4

Coefficients d'amplification α chaîne Réseau Gauche

FILTRE 1

f MHz A_1 dB	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
30	29.5	30.5	31.3	32.6	32.7	33.2	33.4	34.0	34.4	34.8
20	28.8	29.8	30.6	31.3	31.9	32.5	32.7	33.2	33.4	33.7
10	28.6	29.6	30.3	30.9	31.5	31.9	32.1	32.5	32.6	32.8
0	28.6	29.5	30.3	30.9	31.4	31.9	32.1	32.5	32.6	32.8
α dB ^{+0.1} _{-0.1}	28.6	29.5	30.3	30.9	31.4	31.9	32.1	32.5	32.6	32.8

FILTRE 2

f MHz A_1 dB	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
30	27.4	30.0	30.8	31.7	32.3	32.8	32.8	31.2	28.2	26.2
20	26.1	29.1	30.1	30.9	31.5	32.0	31.6	28.6	25.2	22.7
10	25.9	29.0	29.7	30.5	31.1	31.4	30.8	28.1	24.3	21.0
0	25.9	28.9	29.7	30.5	31.0	31.4	30.9	27.9	24.5	21.1
α dB ^{+0.1} _{-0.1}	25.9	28.9	29.7	30.5	31.0	31.4	30.9	27.9	24.4	21.1

IV.1 Mesure de la Température de bruit de la chaîne d'amplification.IV.2.1 Principe de la mesure - Méthode de la charge adaptée 50 Ω :

- En lieu et place des sommateurs par 8 on connecte à l'entrée des boîtiers de commutation Diode/Antenne une charge adaptée 50 Ω à l'ambiante ($T_o = 290^\circ\text{K}$)
- On utilise le même système de mesure décrit dans la Figure 6.

- On se règle de façon à obtenir le niveau au milieu de la piste du Sefram à la fréquence de mesure.
- On commute la Diode 64 et on encadre le niveau par deux atténuations.

soit T_α la contribution en température de la chaîne d'amplification

$$(T_o + T_\alpha) \alpha = T'_{64} \quad \text{soit } T_\alpha = \frac{T'_{64} - T_o \alpha}{\alpha} \quad (\text{IV-4})$$

soit en utilisant la formule A2 du formulaire

$$T_\alpha = \frac{300 \cdot 10^{F'_{64}/10} - 290 \cdot 10^{\alpha/10}}{10^{\alpha/10}}$$

IV.2.2

Mesures :

On calcule T_α en utilisant les valeurs de α mesurées au chapitre III.1 précédemment à la fréquence correspondante.

Les valeurs obtenues sont rassemblées dans les tableaux 5 et 6 pour chaque filtre en fonction de la fréquence et pour chaque réseau. La variation de T_α avec la fréquence est représentée dans les figures 7a et 7b.

TABLEAU 5

Température Chaîne Amplification Réseau Droit

FILTRE 1

Fréquence MHz	Att dB D ₆₄	F' ₆₄ dB	α dB	α	T_α °K
20	48.9	32.9	28.4	692	555
30	48.5	33.3	29.2	832	481
40	47.9	33.9	29.8	955	481
50	47.2	34.6	30.5	1122	481
60	46.6	35.2	30.6	1148	575
70	46.3	35.5	31.0	1259	555
80	45.9	35.9	31.5	1413	536
90	45.5	36.3	31.8	1514	555
100	45.2	36.6	32.0	1585	575
110	44.9	36.9	32.1	1622	616

Tableau 5 (suite)

FILTRE 2

20	49.0	32.8	24.2	263	1884
30	48.4	33.4	28.5	708	637
40	48.1	33.7	29.3	851	536
50	47.3	34.5	29.9	977	575
60	47.0	34.8	30.0	1000	616
70	46.1	35.7	30.1	1023	799
80	45.6	36.2	30.2	1047	904
90	44.8	37.0	27.6	575	2325
100	46.2	35.6	23.6	229	4466
110	47.7	34.1	18.8	76	9856

TABLEAU 6

Température Chaîne Amplification Réseau Gauche

FILTRE 1

Fréquence MHz	Att. D ₆₄ dB	F' ₆₄ dB	α dB	α	T α °K
20	48.7	33.1	28.6	724	556
30	48.1	33.7	29.5	891	499
40	47.3	34.5	30.3	1072	499
50	46.5	35.3	30.9	1230	536
60	45.8	36.0	31.4	1380	575
70	45.4	36.4	31.9	1549	555
80	45.2	36.6	32.1	1622	555
90	44.7	37.1	32.5	1778	575
100	44.4	37.4	32.6	1820	616
110	43.5	38.3	32.8	1906	774

FILTRE 2

20	48.9	32.9	25.9	389	1213
30	47.8	34.0	28.9	776	681
40	47.5	34.3	29.7	933	575
50	46.5	35.3	30.5	1122	616
60	46.1	35.7	31.0	1259	595
70	45.4	36.4	31.4	1380	659

Tableau 6 (suite)

80	44.6	37.2	30.9	1230	990
90	44.0	37.8	28.0	631	2575
100	45.5	36.3	24.4	275	4364
110	46.8	35.0	21.1	129	7064

IV.2.3

Discussion :

L'analyse des résultats obtenus ci-dessus montre que les deux chaînes ont des courbes d'amplification et de température très voisines quel que soit le filtre choisi. On voit nettement l'effet du filtre 2 (25-80 MHz) par rapport au filtre 1 (10-120 MHz). De même la température de la chaîne varie beaucoup plus lorsqu'on utilise le filtre 2 au lieu du filtre 1.

V - RESEAU

On commute maintenant via la télécommande sur le signal d'antenne. On peut pointer soit une radiosource soit le fond du ciel selon les coordonnées choisies. La figure 8 montre un enregistrement du Cygne avec les deux réseaux à 50 MHz le 7 Mai 1979. Les températures équivalentes au fond du ciel et au maximum de la source sont données dans le tableau 7, mesurées au niveau du point Ω , puis ramenées au niveau des points Σ en utilisant les valeurs de α à 50 MHz données dans les tableaux 3 et 4 avec filtre 2.

TABLEAU 7

50 MHz	Att. D_{64} dB	Facteur Bruit F'_{64} dB	T_{Ω} Température °K en Ω	α dB	T_{α}	T_{Σ} Température °K en Σ
Ciel RD	42.45 ± 0.1	42.35 ± 0.3	$5.15 \cdot 10^6$ °K	29.9	481	5050 °K
Cygne RD <i>+ ciel</i>	40.18 ± 0.1	44.61 ± 0.3	$8.67 \cdot 10^6$ °K	29.9	481	8650 °K
Ciel RG	41.72 ± 0.1	43.08 ± 0.3	$6.10 \cdot 10^6$ °K	30.5	616	5196 °K
Cygne RG <i>+ ciel</i>	39.78 ± 0.1	45.12 ± 0.3	$9.53 \cdot 10^6$ °K	30.5	616	8250 °K

On prendra donc le facteur de bruit correspondant à la diode dans le tableau 1 84.8 ± 0.2 dB.

et on calcule
$$T_{\Sigma} = \frac{T_{\Omega} - \alpha T_{\alpha}}{\alpha}$$

En conclusion on voit que le fond du ciel au niveau du Cygne correspond à une température de l'ordre de $5\ 000$ °K et le cygne à une température de $8\ 000$ °K. Mais on doit prendre garde que ces valeurs sont ramenées au point Σ et que pour connaître les températures réelles dans le ciel il faut tenir compte des pertes dans le sommateur par 8, des pertes dans les commutateurs à diode, les câbles de descente d'antennes et les câbles de liaison, ainsi que de la directivité proprement dite des antennes elles-mêmes.

Evaluation des pertes :

- la perte due au sommateur par θ est de 0.5 ± 0.1 dB .
 - perte dans les cables de liaison : pour un bloc il y a 4 paires de cables de longueurs différentes (Paillé 1975) : 16.9 , 14.45, 11.98, et 9.5 m soit une longueur moyenne par bloc de 13.2 m à laquelle il faut ajouter la longueur du cable de descente d'antenne soit 8 m , identique pour toutes les antennes , $l = 21.2$ m en moyenne .
- Les cables sont du KX4 dont l'atténuation varie selon la fréquence . On sait qu'elle est de 0.065 dB/m à 100 MHz
et de 0.028 dB/m à 20 MHz .

Une interpolation fournit une atténuation de 0.050 dB/m à 50 MHz soit une atténuation globale entre antenne et commutateur diode réseau de $1 + 0.5$ dB = 1.5 dB , c'est à dire un rapport $\eta = 0.7$. Les températures d'antenne T_a ramenées au commutateur Σ sont donc $T_\Sigma = \eta T_a$.

Rendement du réseau :1) Source étendue

Dans le cas d'une source étendue dans laquelle baigne totalement le lobe d'antenne hélice spirale , la température mesurée en Σ est donnée par :

$$T_{\Sigma \text{ciel}} = T_{\text{ciel}} \rho_a \eta$$

avec T_{ciel} la température d'antenne due au fond du ciel

ρ_a le rendement des antennes

et η le facteur de pertes dues au cable de liaison .

On déduit de cette relation le produit $T_{\text{ciel}} \rho_a = T_{\Sigma \text{ciel}} / \eta$

Avec les mesures faites plus haut à 50 MHz on obtient une estimation de ce produit de l'ordre de 7150 °K . Si on est capable de faire une estimation de la température d'antenne du fond du ciel à 50 MHz dans la région du Cygne avec une assez bonne précision , on pourra en déduire la valeur de ρ_a .

2) Source ponctuelle

Dans le cas d'une source ponctuelle qui ne remplit pas totalement le lobe des antennes , la température en Ω , ramenée en Σ est donnée par :

$$T_\Sigma = T_a \rho_a \eta \epsilon_1 \epsilon_2 = R T_a$$

où η et ρ_a sont déjà définis et où ϵ_1 et ϵ_2 sont respectivement les coefficients de pertes dues à la mise en phase d'un bloc et à la mise en phase des blocs du réseau .

On se définit R comme étant le rendement global du réseau à la fréquence considérée : $R = \eta \rho_a \epsilon_1 \epsilon_2$.

Or pour une source de densité de flux connue S , la température d'antenne T_a mesurée par une antenne d'aire efficace A_e , est donnée par la relation

$$k T_a = 1/2 A_e S$$

avec $k = 1.4 \cdot 10^{-23}$ constante de Boltzmann

Pour le réseau l'aire efficace d'une antenne est donnée par Erickson comme étant $\lambda^2/3$, soit pour un réseau de 72 antennes $A_e = 24 \lambda^2$.

Cette relation fournit une température d'antenne du Cygne à 50 MHz de $T_a = 6500$ °K, en prenant le flux donné par Baars et al.

En appliquant la relation $R = T_\Sigma / T_a$, en utilisant les valeurs de T_Σ du Cygne déduites du Tableau 7 on obtient :

$$\text{réseau droit } R_D = 3600/6500 = 55\%$$

$$\text{réseau gauche } R_G = 3055/6500 = 47\%$$

La contribution des pertes dues aux cables de liaison étant connue ($\eta = 0.7$)

on en déduit des rendements : $r = R/\eta$ de

$$\text{réseau droit } r_D = 78 \%$$

$$\text{réseau gauche } r_G = 67 \%$$

avec $r = \rho_a \epsilon_1 \epsilon_2$. On peut s'étonner que ces rendements soient si élevés

mais il est possible que la contribution de l'aire efficace utilisée inclut déjà le rendement des antennes proprement dites. Auquel cas les rendements r représentent la contribution des pertes de mise en phase des blocs et de mise en réseau des blocs.

ANNEXEFormulaire

1 - Facteur de bruit F en dB ENR(/300°K), connaissant T°K

$$F = 10 \log \frac{T}{300} \text{ dB ENR} \quad (\text{A1})$$

2 - Température T en °K connaissant F en dB ENR

$$T = 300 \times 10^{F/10} \text{ °K} \quad (\text{A2})$$

3 - Incertitudes

a) si $T_1 \times G_1 = T_2 \times G$ $\frac{\Delta T_2}{T_2} \leq \frac{\Delta T_1}{T_1} + \frac{e}{10} 2 \Delta G$ (A3)

b) si $T_2 = T'_D + T_B$ $\Delta T'_D \leq \Delta T_2 + \Delta T_B$ (A4)

c) si $T_D = T'_D * R$

avec $R = 10^{A/10}$

A = Atténuation en dB

$$\frac{\Delta R}{R} \leq \ln 10 * \frac{\Delta F}{10} \quad (\text{A5})$$

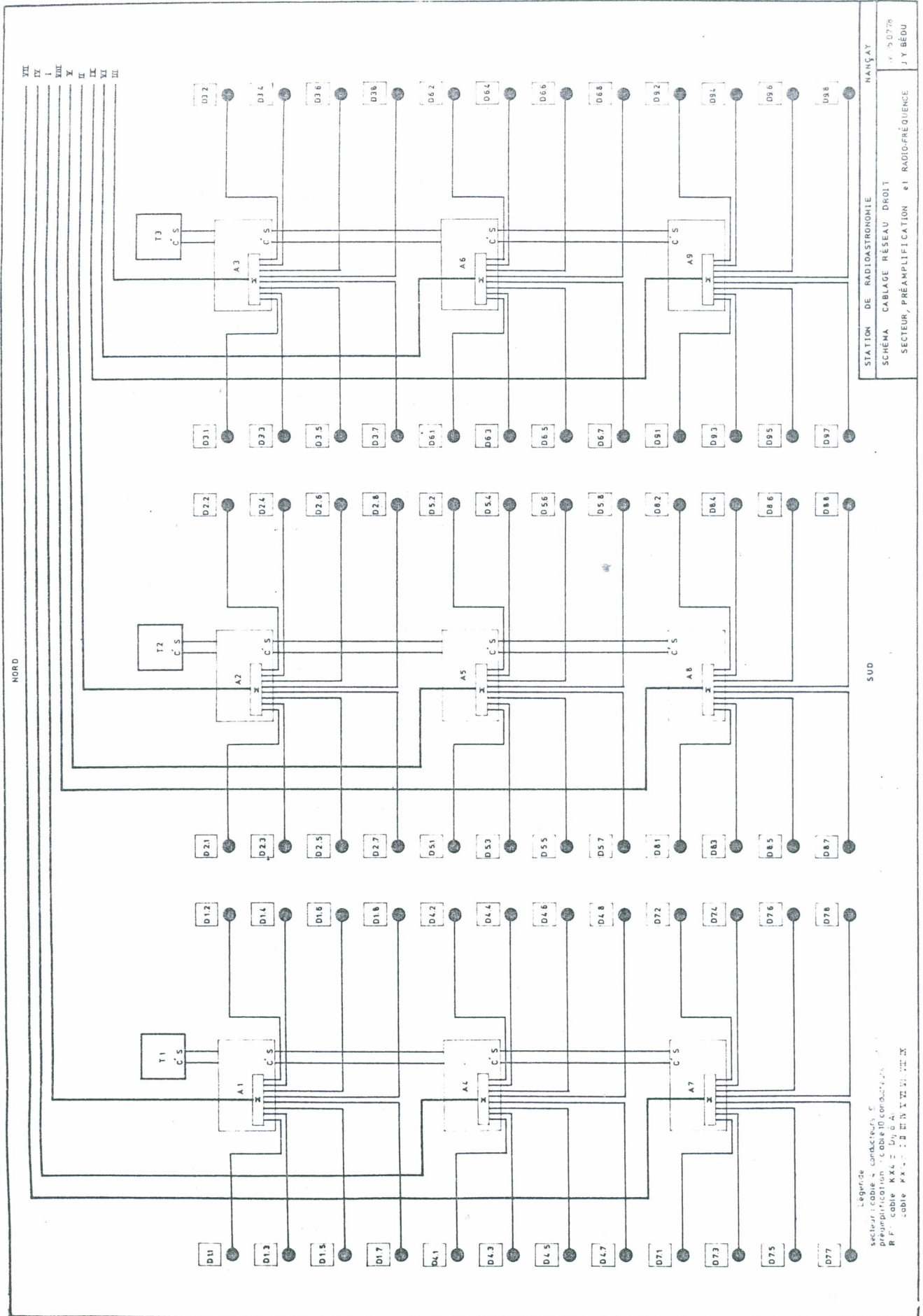
donc $\frac{\Delta T_D}{T_D} \leq \frac{\Delta T'_D}{T'_D} + \frac{e}{10} \Delta F$

soit $\frac{\Delta T_D}{T_D} \leq \frac{T_2}{T'_D} \left[\frac{\Delta T_1}{T_1} + \frac{\Delta G}{G} + \frac{\Delta G'}{G'} \right] + \frac{\Delta T_B}{T_D} + \frac{e}{10} \Delta F$ (A6)

REFERENCES

- Aubier, M. 1975, Rapport Interne : Calculs théoriques pour l'optimisation du Grand réseau décamétrique.
- [Erickson, W.C., Fisher, J.R. 1974, Radio Science 9, 387 : A new wideband, fully steerable decametric array at Clark Lake.
- Paillé, J.J. 1975, Rapport de Stage, I.U.T de Bordeaux : Le réseau décamétrique.
- Rosolen, C. 1978, Rapport Interne : Etalonnage et répartition d'antenne.

Figure 1



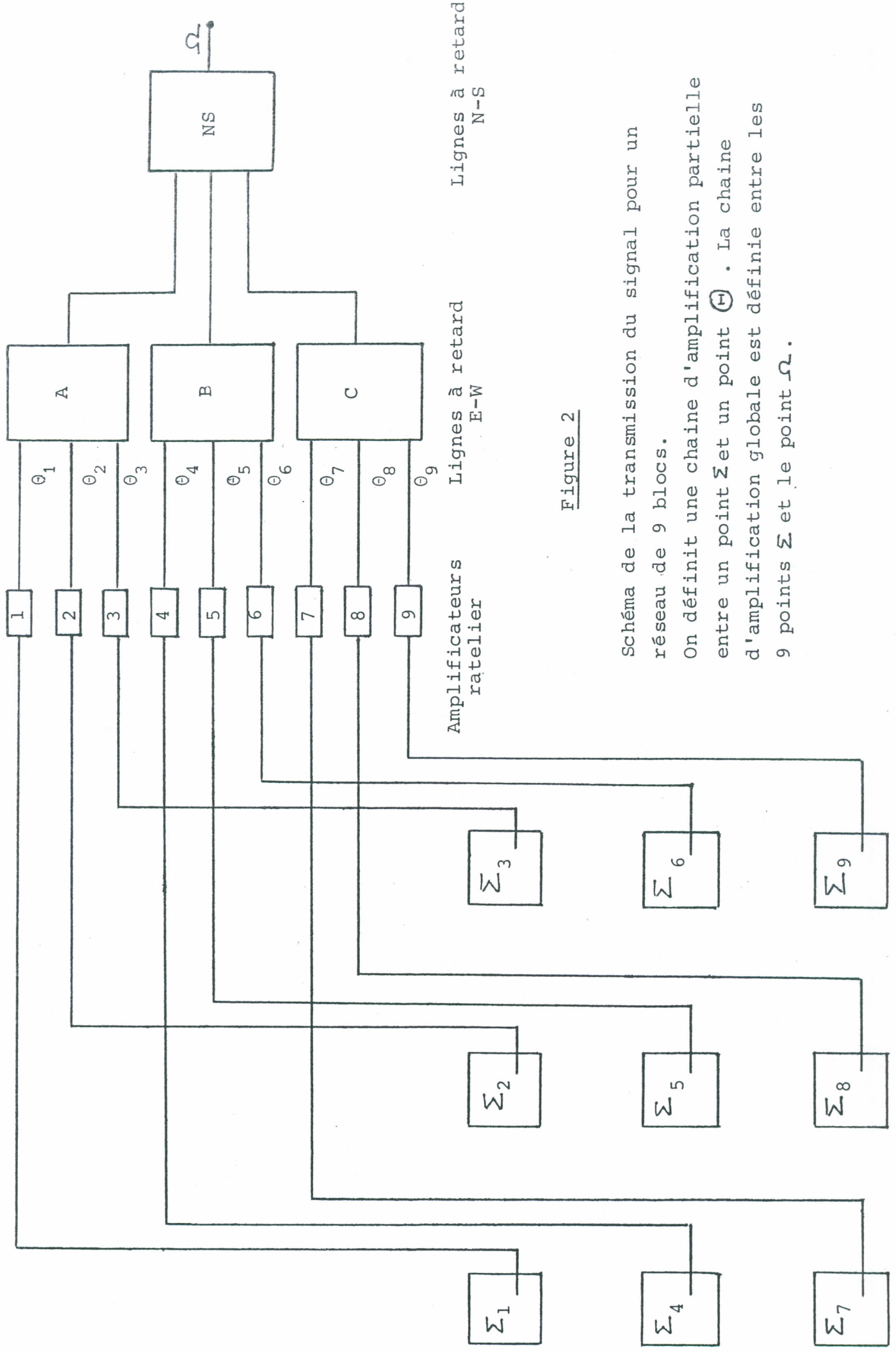


Figure 2

Schéma de la transmission du signal pour un réseau de 9 blocs.
 On définit une chaîne d'amplification partielle entre un point Σ et un point Θ . La chaîne d'amplification globale est définie entre les 9 points Σ et le point Ω .

Boitiers d'amplification

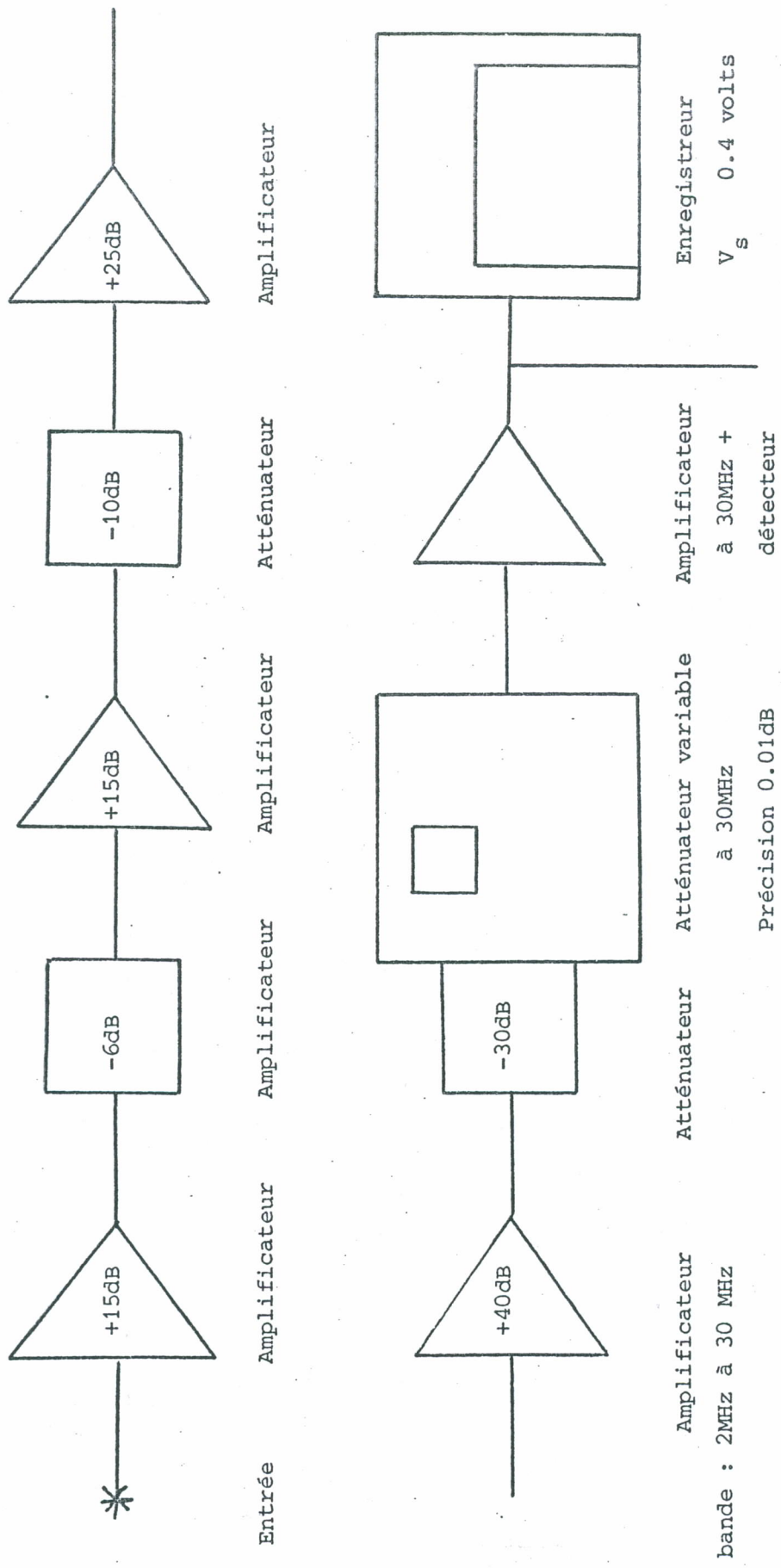


Figure 3

Schéma du banc de mesure

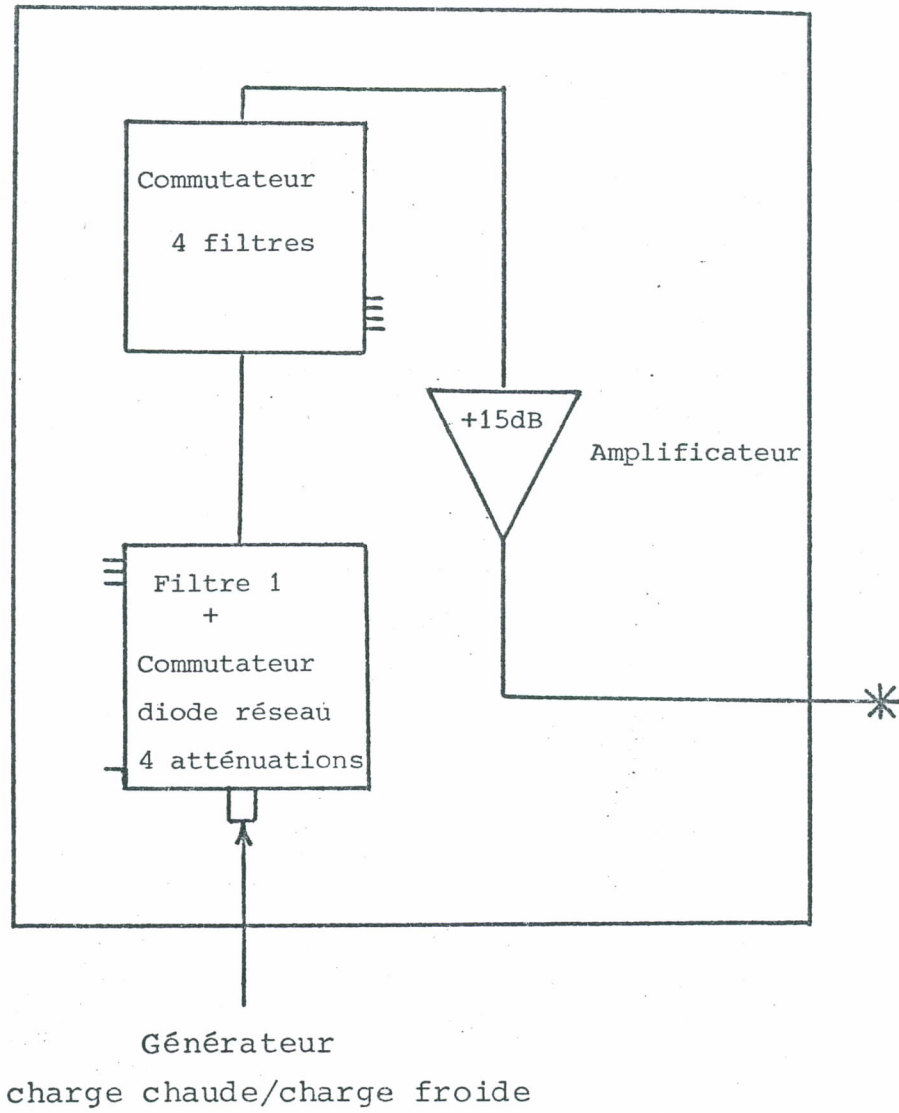


Figure 4

Schéma du boîtier d'amplification
utilisé comme "récepteur"

Courbe de Réponse en Fréquence des 9 chaines
partielles d'amplification

Réseau droit

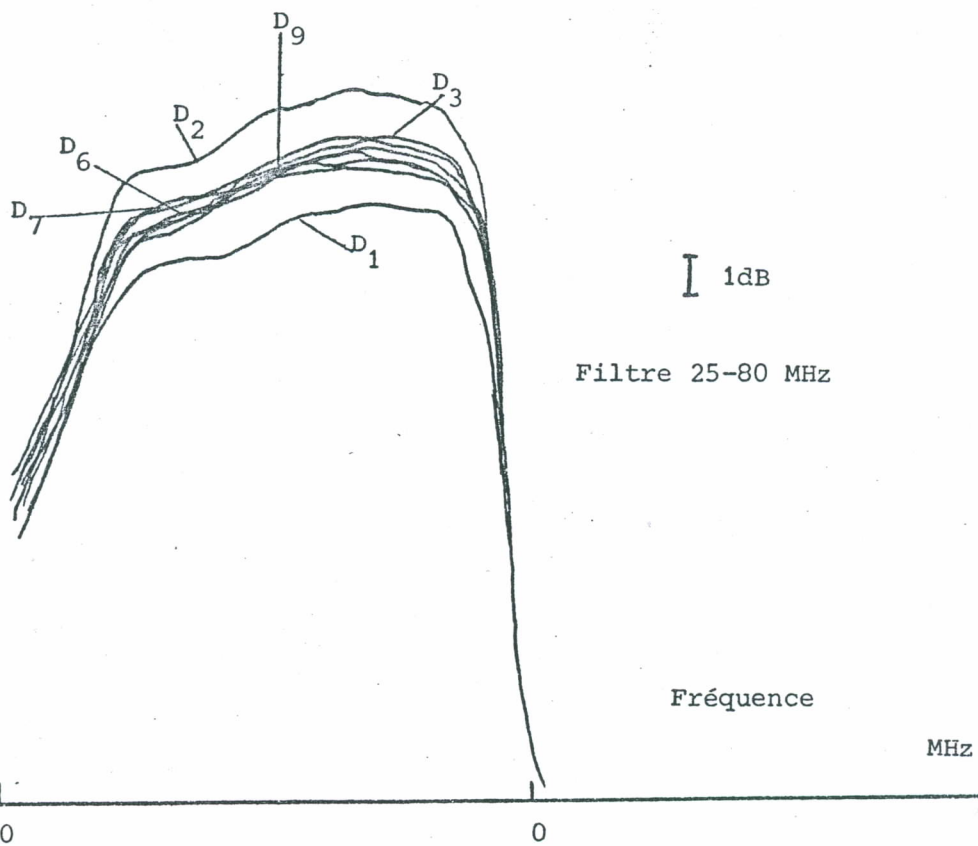


Figure 5a

Courbe de Réponse en Fréquence des 9 chaines
partielles d'amplification

Réseau gauche

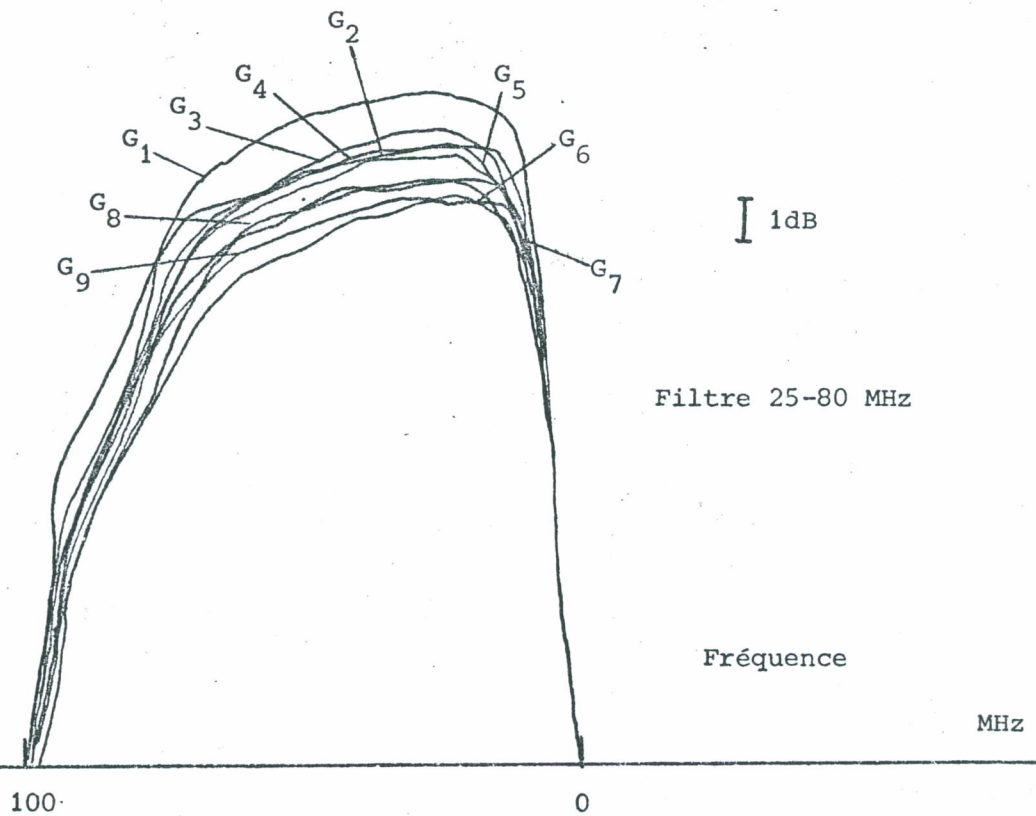


Figure 5b

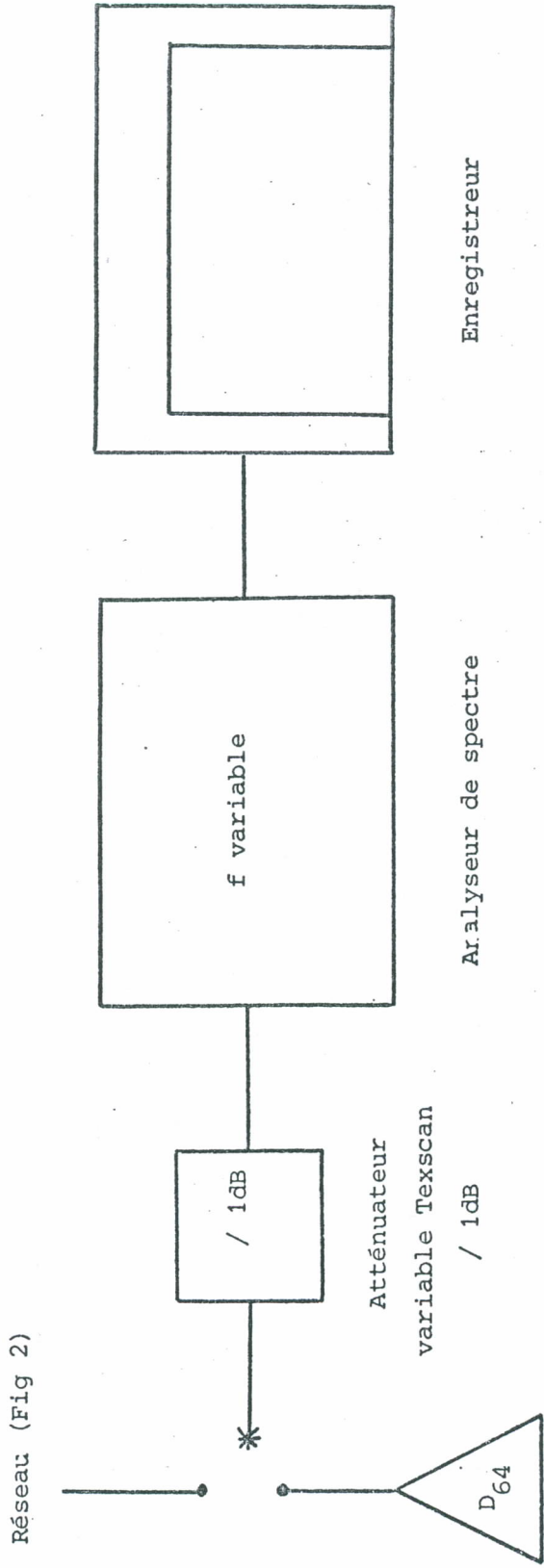


Figure 6

Banc de mesure du coefficient d'amplification et de la température

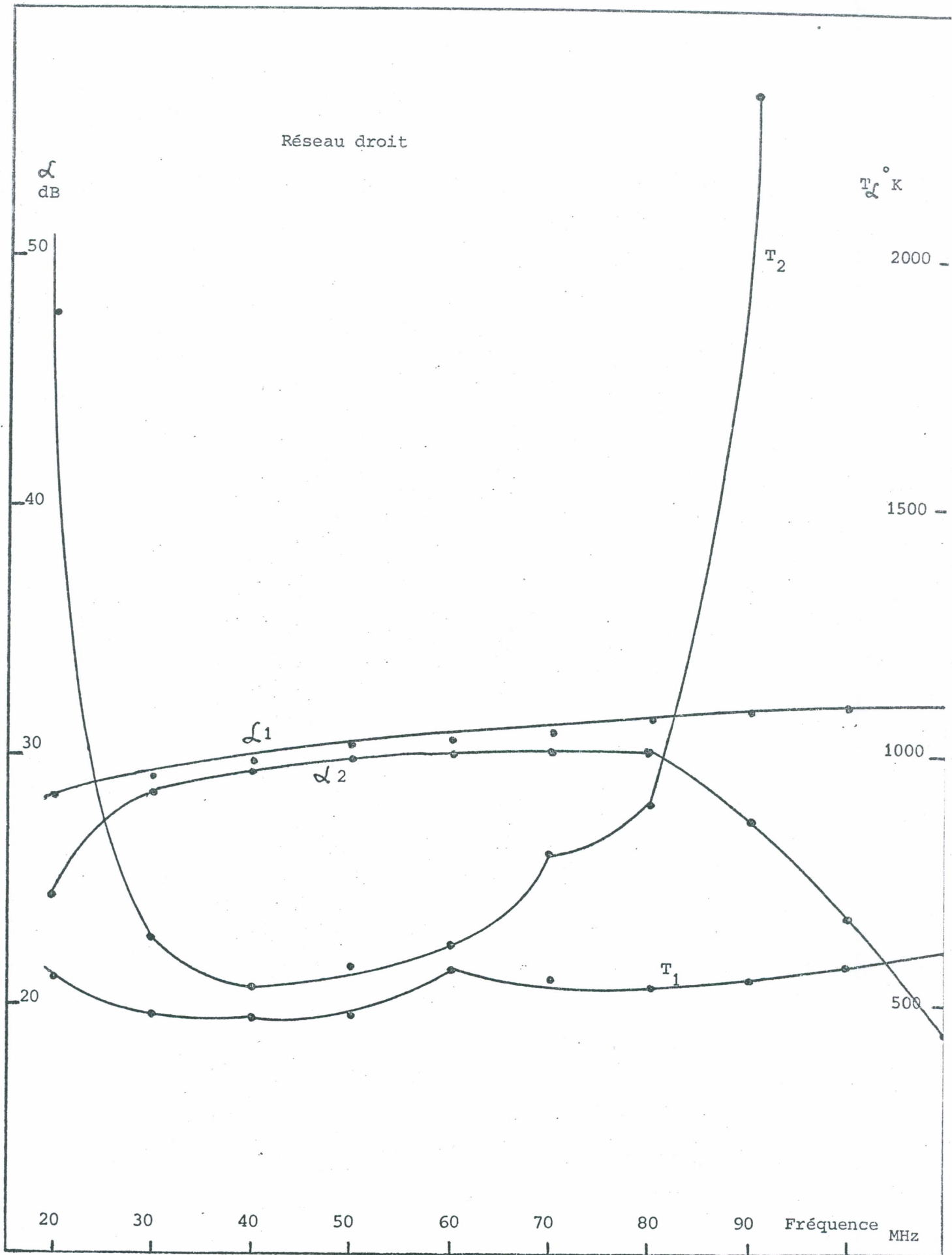


Figure 7a

Amplification et température de la chaîne d'amplification

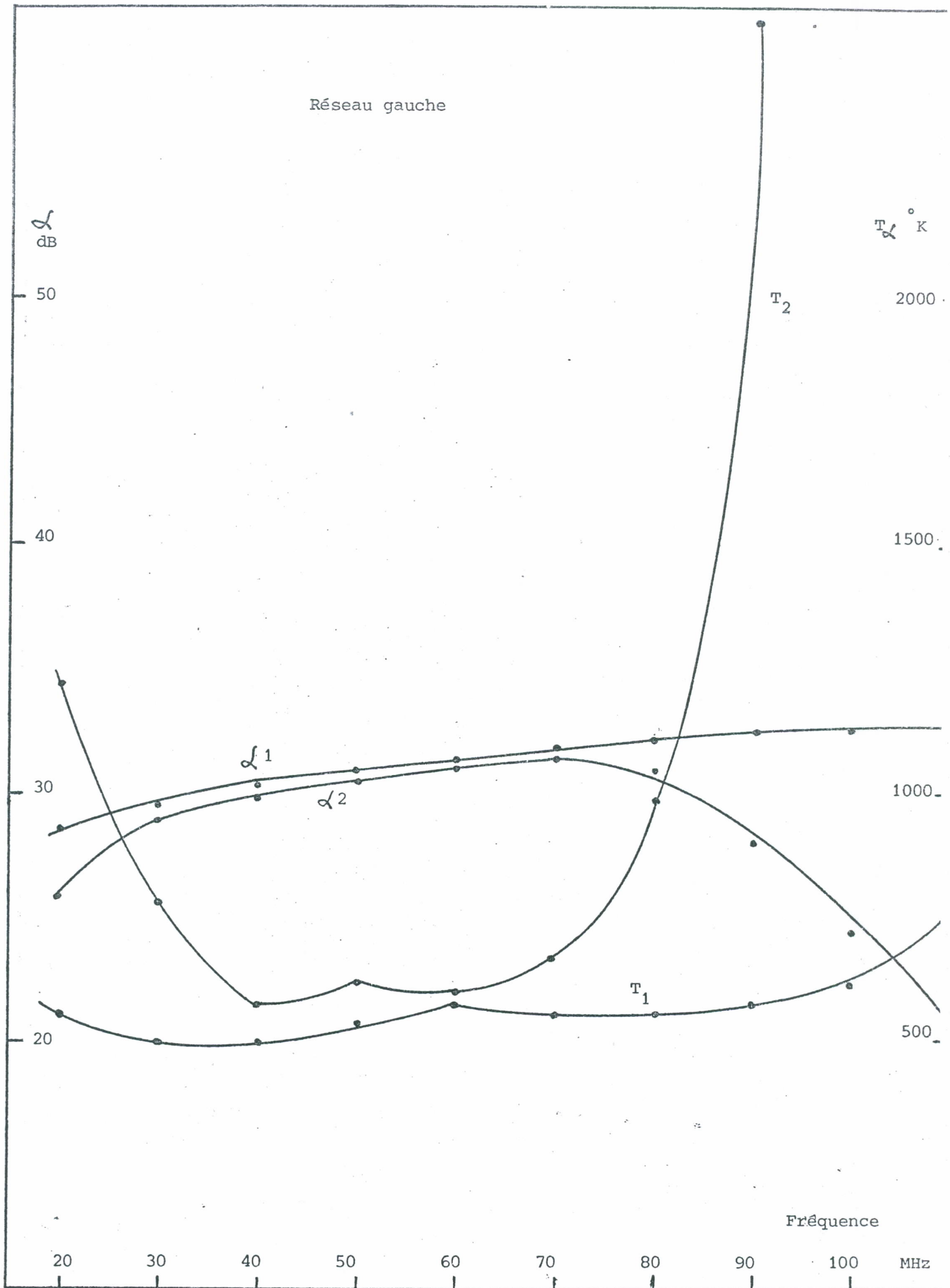
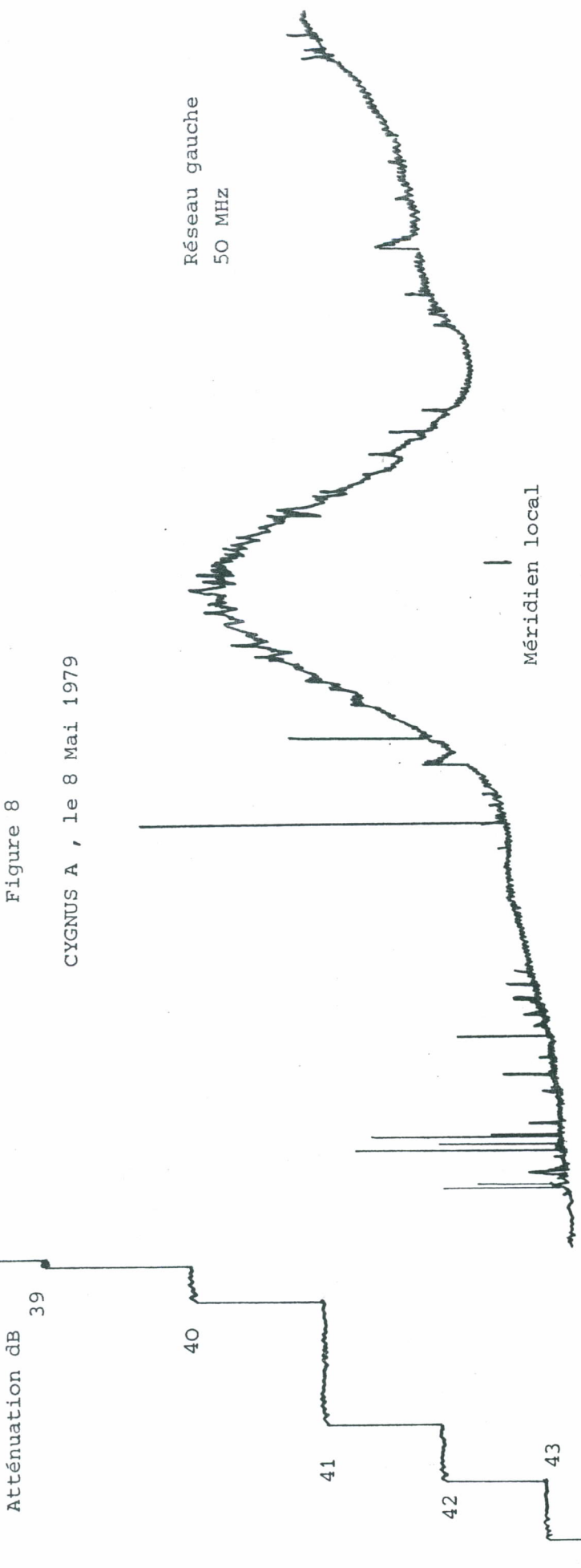


Figure 7b

Amplification et température de la chaîne d'amplification

Figure 8

CYGNUS A , le 8 Mai 1979



CYGNUS A , le 8 Mai 1979

