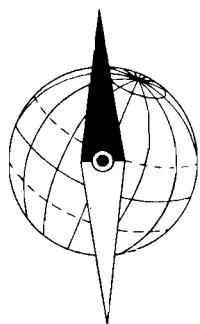


O. FAMBITAKOYE

P. MOURGUES

P. PERICHON

Données techniques sur l'observatoire  
géophysique de Bangui



---

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

---

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE BANGUI

---



## OBSERVATOIRE GEOPHYSIQUE DE BANGUI

Coordonnées Géographiques :	:
Long. .... 18° 33, 6' E.	:
Lat. .... 4° 26, 4' M.	:
Alt. .... 450 M.	:

Coordonnées Géomagnétiques :	:
Long. .... 88, 5° E.	:
Lat. .... 4, 6° N.	:

De nombreuses modifications ayant été apportées aux installations de l'Observatoire de BANGUI au cours de ces dernières années, il est devenu nécessaire de faire une mise au point -

Ce rapport se divise en deux chapitres : la Seismologie rédigée par Monsieur P. MOURGUES et le Magnétisme rédigé par Monsieur O. FAMBITAKOYE - Monsieur P. PERICHON a participé à la réalisation des deux chapitres dans l'adaptation des circuits d'amplification aux phénomènes à enregistrer .

SEISMOLOGIE

## C O U R T E S P E R I O D E S

L'équipement en courtes périodes de la station de BANGUI comprend :

- 2 seismographes horizontaux courte période (APX).
- 1 seismographe vertical courte période (APX).
- 6 galvanomètres Schlumberger type AV17 - (ou SW3).
- 3 amplificateurs à cellules Ségor (type 1831S), réalisés par Mr. PERICHON.
- 1 enregistreur seismologique BELIN.

CONSIDERATIONS SUR LE CHOIX D'UNE  
AMPLIFICATION OPTIMUM

---

Le choix des amplifications maxima pour une station donnée est en général conditionné par le niveau de l'agitation microseismique moyenne à la station. L'agitation la plus forte se situant au voisinage des océans, dans des régions météorologiquement perturbées et pour un sous-sol mal consolidé (sable alluvions) et au voisinage de zones d'activité industrielle. Les conditions qui régissent la situation de l'observatoire de BANGUI sont exactement à l'opposé des conditions de forte agitation :

- Eloignement des zones industrielles.
- Position centrale sur le continent africain.
- Sous-sol métamorphique (Schistes et quartzites).
- Absence de vents.

Rien ne s'oppose à l'adoption de fortes amplifications.

Dans un autre domaine de considérations l'amplification choisie dépend de la situation seismique de la station. Il est évident que des stations situées sur une zone seismique active ne peuvent se permettre de trop grandes amplifications sous peine de perdre la plupart des séismes à l'exception des premières arrivées. Dans cet ordre d'idée BANGUI se trouve à 1.000 Kms. du Rift-africain des grands lacs siège d'un grand nombre de séismes de magnitude inférieure à 4. D'autre part de nombreux séismes de magnitude comprise entre 4 et 5, se produisent dans les régions suivantes autour de l'Afrique :

- Crête médiane atlantique - de 30 à 50° de BANGUI.
- Crête médiane de l'océan-indien - de 45 à 70°.
- Crête et Turquie - de 30 à 35°.
- Golfe d'Aden - de 25 à 35°.
- Iran - 40°.
- Iles sandwich du Judd - 70°.

L'amplification optima doit permettre à notre observatoire d'enregistrer des séismes de magnitude inférieure à 4 de la région des grands lacs, et un grand nombre des séismes déterminés par les observatoires mondiaux des zones séismiques circum-africains.

Nous avons figuré un ordre de grandeur de l'amplitude des ondes P en fonction de la magnitude et de la distance -(fig. 1) pour des séismes dont la profondeur est grossomodo normale. L'amplification maxima atteinte par le montage classique du couplage séismographe-galvanomètre est de 100.000; l'ajonction à ce montage d'un amplificateur à cellule photorésistante peut éléver l'amplification à 1 million sans gène notable. La comparaison d'une amplification à 100.000 et d'une amplification à 500.000, montre que les possibilités de détection s'accroissent de l'ordre d'une unité de magnitude pour les zones séismiques circum-africains.

Nous avons représenté (fig.2 et 3) pour une amplitude minimum de 2 mm. sur l'enregistrement la magnitude limite détectée à BANGUI pour 2 valeurs de l'amplification, en ne nous intéressant qu'aux ondes P. Le tracé de ces limites montre l'intérêt des fortes amplifications.

Ayant montré l'avantage des grandes amplifications pour l'enregistrement du plus grand nombre possible de séismes issus des crêtes médianes océaniques, de la Grèce, de la Turquie et de l'Iran nous envisageons

une amplification de  $10^6$  : S'chant qu'à partir d'une amplitude de 2 cm. sur l'enregistrement seul l'impétus initial est lisible (la période des ondes et les différentes phases étant indéchiffrables); les séismes de magnitude 5 dont la distance à BANGUI est inférieure ou égale à  $60^\circ$  seraient inexploitables dans le détail à l'exclusion du premier impétus. Nous avons délibérément limité l'amplification maximum à 600.000, ce qui permet d'obtenir des enregistrements corrects dans la gamme des magnitudes 4.2 à 5.4 pour les zones séismiques périphériques en sacrifiant le détail des phases pour les séismes supérieurs à 5.5 dans ces zones, séismes qui sont finalement assez rares et largement enregistrés par de nombreuses stations de moindre amplification. Notons enfin qu'une telle évaluation des limites ne représente qu'un ordre de grandeur qui peut souffrir de nombreuses exceptions.

- PRINCIPE DE L'AMPLIFICATEUR -

Le système d'amplification est constitué uniquement par une cellule photorésistante Ségör type 1831S sous tension.

Le galvanomètre d'entrée ( $G_1$ ) connecté au séismographe est éclairé par une Lanterne (6Volt) et forme un spot rectangulaire au centre de la cellule (fig.4). Au repos l'éclairage est égal sur les 2 plages de la cellule  $R_1 = R_2 = R$  (fig.5). Pour un déplacement du spot  $R_1 = R_2$ , il existe alors un courant de sortie dû au déséquilibre du pont :

soit donc  $R_1$  et  $R_2$  les résistances des deux plages.

$e$  la f.e.m. de chacune des piles

$Z$  l'impédance totale de sortie

$I$  le courant de sortie -

(voir fig.6).  $I_1$  et  $I_2$  courant de sortie produit par chaque pile séparément.

$$I_1 = \frac{e}{R_1 + \frac{R_2 Z}{R_2 + Z}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Z}{R_2}}$$

$$I_2 = \frac{e}{R_2 + \frac{R_1 Z}{R_1 + Z}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Z}{R_1}}$$

le courant total de sortie sera  $I = I_2 - I_1$ , soit :

$$I = \frac{e}{R_1 Z + R_2 Z + R_1 R_2} (R_2 - R_1)$$

Or, le spot se déplaçant sur la cellule la somme de l'éclairage des 2 plages est constante. On écrira donc :

$$R_2 = R + r$$

$$R_1 = R - r$$

NOTA - Lire  $R_1$  pour  $R$ .

ce qui donne .

$$I = \frac{2er}{2ZR + R^2 - r^2}$$

r variant comme  $\theta$  , on peut exprimer r comme une fonction linéaire de  $\theta$  soit  $r = K\theta$  aux bornes bien définies - on a :

$$J = \frac{2Ke\theta}{2ZR + R^2}$$

en négligeant le terme en  $r^2$  -

I est donc nul pour  $\theta = 0$  , positif pour  $\theta > 0$  négatif pour  $\theta < 0$  , sa variation est linéaire en fonction de  $\theta$  -

A l'exclusion de tout filtre la forme de la courbe de réponse de l'ampli seul, sera déterminée par la forme de la courbe de réponse du Galvanomètre  $G_2$  utilisé pour l'enregistrement -

Sortie de l'Ampli -

1) Potentiomètre de gain - (fig.7).

En série sur la sortie du pont dont la résistance est de l'ordre de 15 K on place une résistance  $R_3$  de 4,7 K - ce circuit est fermé sur une fraction du potentiomètre de résistance X -

La résistance totale du Potentiomètre  $R_4 = 10$  K est en série sur le circuit de sortie -

l'impédance de sortie pour un gain nul est donc de 10 K

l'impédance de sortie pour un gain moyen est de :

$$(R_4 - X) + X \frac{\left(\frac{R}{2} + R_3\right)}{\frac{X+R}{2} + R_3} \quad R \text{ étant la résistance d'une plage de la cellule au zéro.}$$

l'impédance de sortie pour le gain maximum est :

$$\frac{R_4 \left(\frac{R}{2} + R_3\right)}{R_4 + \frac{R}{2} + R_3} \quad \text{soit de l'ordre de } 7 \text{ K.}$$

2) - Filtres et capacités - (fig.8).

a.- une atténuation des très courtes périodes parasites dues en particulier au passage des camions est obtenue par une capacité de 100. F placée en parallèle sur le galvanomètre de sortie (voir fig.11).

b.- une capacité de 25. F placée en série sur le circuit de sortie atténue les périodes  $T > 3S$  elle a aussi pour effet de supprimer la composante continu du courant qui pourrait résulter soit d'un déséquilibre entre les 2 jeux de piles, soit d'un mauvais centrage du spot sur la cellule au zéro - (fig.12).

c.- Enfin l'atténuation de l'agitation microsismique est obtenue par un filtre passe-bande en double T à 6 secondes - (voir courbe d'Ampli -).

ETALONNAGE

1.- Courtes périodes -

La détermination de la courbe d'amplification fait appel aux opérations suivantes dont l'exposé sommaire est donné ci-dessous -

1. a - établissement des constantes du séismographe et du galvanomètre qui lui est couplé -

1. b - choix des amortissements et, par là, détermination des résistances et du Shunt mis dans ce premier circuit -

1. c - calcul classique de la courbe d'amplification à l'entrée de l'ampli pour un levier optique de 11 cm. correspondant à la distance Galva cellule -

2. a - détermination de la réponse du galvanomètre d'entrée fermé sur son

circuit d'utilisation (Séismographe bloqué) pour la gamme des fréquences couvertes par la courbe d'amplification du couple Séismographe-Galvanomètre d'entrée -

2. b - détermination de la réponse de l'ampli en utilisant le galva de sortie pour l'enregistrement et en appliquant le signal TBF au galvanomètre d'entrée fermé sur son circuit d'utilisation comme dans 2. a -

2. c - détermination de la courbe de l'amplificateur par comparaison des réponses entre 2.b et 2.a -

2. d - calcul de la courbe générale d'amplification qui est représentée fréquence par fréquence par la multiplication de la courbe 1.c par la courbe 2.c -

3. a - calcul du déphasage correspondant à la courbe 1.c -

3. b - calcul de déphasage dû à l'amplificateur -

3. c - détermination du déphasage résultant.

RAPPEL DE LA METHODE DE CALCUL DE LA COURBE D'AMPLIFICATION  
DU COUPLE SEISMOGRAPHIE GALVANOMETRE G<sub>1</sub>.

1a - Constantes du Séismographe -

M masse du Séismographe -  $T_0$  période propre du séisme / amortissement en circuit ouvert - , amortissement avec le circuit d'utilisation - L<sub>0</sub> distance du centre de gravité à l'axe L longueur réduite.

Constantes du galvanomètre -

K - moment d'inertie - , amortissement en circuit ouvert - , amortissement avec le circuit d'utilisation, t<sub>0</sub> période propre du galvanomètre.

Ib - Le couplage est défini par -  $R_i$  résistance interne du Séismographe

$R_e$  - résistance additionnelle du bras du Séismographe - ( $R = R_e + R_i$ )

S - Shunt -  $r_i$  résistance interne du galvanomètre.

$r_e$  - résistance additionnelle du bras du galvanomètre - ( $r = r_e + r_i$ )

$$Q^2 + S^2 = (R + S) (r + s).$$

Le facteur de couplage sera :  $(1-\lambda) = \frac{S^2}{Q^2 + S^2} \frac{(x - x_0)}{x_0} \frac{(\beta - \beta_0)}{\beta_0}$

Ic - L'équation du mouvement du galvanomètre couplé avec le séismographe

pour un déplacement -  $x$  du sol s'écrit :

en temps réduit ( $\zeta = \omega t$  et  $\omega = \sqrt{\omega_0}$ ,  $\omega_0 = 2\pi \sqrt{\frac{1}{T_0 t_0}}$ )

$$\frac{d^4\theta}{dt^4} + A \frac{d^3\theta}{dt^3} + B \frac{d^2\theta}{dt^2} + C \frac{d\theta}{dt} + = V \frac{d^3x}{dt^3}$$

- Les constantes de l'équation sont : avec  $P = \sqrt{\frac{\omega_0}{\omega}} = \frac{t_0}{T_0}$

$$A = 2 \left\{ \frac{\alpha}{P} + \beta P \right\}$$

$$B = P^2 + \frac{1}{P^2} + 4\lambda\alpha\beta$$

$$C = 2 \left\{ \alpha P + \frac{\beta}{P} \right\}$$

$$V = \frac{M}{k} \cdot \frac{L_0}{L} \cdot 4(1-\lambda)\alpha\beta$$

si - l est le levier optique = 22 cm.

l'amplification  $\frac{s_0}{x_0} = \frac{VI}{X^2 + Y^2}$

l étant le levier optique égal à 2 fois la distance galva cellule.

avec  $X = A - \frac{C}{\omega^2}$

et  $Y = \omega + \frac{1}{\omega^3} - \frac{B}{\omega}$

avec  $\omega = \sqrt{\frac{T_0}{t_0}}$

Nous prenons pour les constantes des galvanomètres AV17 la valeur

moyenne -  $k = 0,003$  -  $\alpha = 0,665$  ,  $C = 1025$ .

CONSTANTES DES SEISMOGRAPHES COURTES PERIODES

	<u>Zcp</u>	<u>NScp</u>	<u>EWcp</u>
Masse (grammes) M.	21.400	21.100	21.100
Distance (dg/axe cm).	10,3	5,5	5,5
Longueur réduite (cm).	11,5	8,9	8,9
Résistance intérieure (ohm).	1.800	210	210
$T_0$ (Seconde).	1,05	1,05	1,05
$\beta_0$	0,0019	0,0055	0,0037
C	3.088	509	668

MONTAGES ADOPTES ET CONSTANTES DE L'EQUATION DU MOUVEMENT

	<u>Zcp</u>	<u>NScp</u>	<u>EWcp</u>
$R_e$	0	0	0
$r_e$	3.000	800	800
S	2.000	1.000	1.000
$\beta$	1,022	0,735	0,955
$\alpha$	0,904	1,562	1,562
$(1-\lambda)$	0,944	0,274	0,240
A	4,160	5,760	6,022
B	6,251	6,101	7,297
C	4,305	4,300	4,963
$V_1$	25.256	62.414	66.528

Détermination de la courbe de l'amplificateur.

2.a - 1°) - Galva d'entrée -

La courbe de sensibilité du galvanomètre AV17 est relevée pour diverses périodes de 0,1 seconde à 10 secondes - Cette courbe devant être comparée à la réponse de sortie de l'ampli nous avons

préféré utiliser le galvanomètre fermé sur son circuit d'utilisation Le seismographe étant bloqué puisque c'est le même circuit que nous utiliserons ultérieurement pour les tests hebdomadaires de contrôle de l'amplification sans blocage du seismo - Le montage de la fig.9 (2.a) est utilisé -( $R_S$  = résistance du seismo);  $S$  résistance du Shunt,  $R_d$  résistance en série sur la source TBF,  $r_g$  résistance du galva. L'intensité du courant dans le galvanomètre sera :

$$i = \frac{E}{R_d} \cdot \frac{1}{\frac{S \cdot R_S}{R_S + S} + 10 + r_g + r_e}$$

une première courbe expérimentale sera tracée pour une valeur de la résistance  $R_d$  c'est-à-dire pour une intensité  $i$  constante en fonction de la période à 88 cm.(distance du galvanomètre de sortie à l'enregistrement) - Cette courbe sera ramenée à une valeur de  $R_d$  standard ( $R_d = 100.000$ ) pour une distance de 11 cm.(distance cellule-galva) - Courbe  $S_1$ .

2.b - 2°) Courbe à la sortie de l'amplificateur - fig.9 (2.b).

La tension est appliquée aux bornes du galva d'entrée suivant le montage utilisé précédemment - L'enregistrement s'effectue sur le galvanomètre de sortie - On obtient pour une intensité donnée le déplacement en fonction de la période.

Cette courbe est ramenée à la même valeur de  $R_d$  ( $R_d = 100.000$ ) c'est-à-dire à la même intensité dans le galva d'entrée pour la courbe précédente - Courbe  $S_2$  . Courbe II fig.14,15 et 16.

2.c.- Le gain pratique de l'amplificateur en fonction de la période sera représenté par :  $G = \frac{S_2}{S_1}$  .  
le gain réel de l'amplificateur serait :  $G = \frac{S_2 \times S}{S_1 \times S}$

puisque la courbe S est établie pour 11 cm. (distance du galva d'entrée à la cellule).

Le potentiomètre de réglage du Gain aux bornes de la cellule et du point milieu des piles permet de faire varier le niveau de sortie d'ampli pour ajuster les maxima, sans modifier le circuit de sortie d'ampli - La manipulation du potentiomètre sera toujours contrôlée sur une période choisie -

2.d - La courbe d'amplification finale (Courbe III fig.14,15 et 16) sera donnée par le produit de la courbe d'amplification à l'entrée de l'ampli (Seismo-galva G<sub>1</sub>) " c'est-à-dire courbe I fig.14,15 et 16 " et de la courbe d'amplificateur (courbe II fig.14,15 et 16).

#### ETUDE DE LA PHASE

3.a - La courbe de déphasage est tracée pour le couplage du seismographe et du premier galva -

$$\Psi = \text{Arctg} \left( -\frac{Y}{X} \right)$$

3.b - Le déphasage introduit par l'amplificateur est mesuré sur un suiveur de spot à double piste selon le principe suivant : (fig.10)  
- Deux galvanomètres identiques sont placés en parallèle sous la tension d'étalonnage TBF. L'un de ces deux galvas est placé devant la cellule de l'ampli le mouvement du second est enregistré et sert de signal de référence - Le déphasage nul entre ces deux galvas a été vérifié au préalable -

- Sur la deuxième piste du suiveur, le mouvement à la sortie de l'ampli est enregistré -

- Le déphasage introduit pour l'ensemble de l'amplificateur et du galva sortie est donc mesuré par le retard observé pour diverses périodes - Le déphasage s'exprime par :

$$\psi = \frac{t}{T} 2\pi$$

3.c - La somme algébrique des deux déphasages mis en évidence donne le déphasage réel entre l'enregistrement et le mouvement du sol (fig.17).

## L O N G U E S   P E R I O D E S

L'équipement en longues périodes de la station de BANGUI comprend :

- 2 seismographes horizontaux moyenne période (APX) - modifiés par augmentation de la masse oscillante depuis le 5 décembre 1966 -
- 1 seismographe vertical-Press et Ewing de longue période.
- 3 galvanomètres Lehner-Griffith de 90 secondes.
- 1 enregistreur Baudoin à tambour triple piste - entraîné par un moteur synchrone Lipp.(110V) -

Le calcul de la courbe d'amplification est fait selon la méthode (I.l.a.b.c.) exposée au chapitre précédent.

(fig.18,19 et 20).

Les courbes de déphasage sont calculées (fig.21) -

$$\Psi = \text{Arc} \tg \left\{ - \frac{Y}{X} \right\}$$

AMELIORATION DES SEISMOGRAPHES HORIZONTAUX  
DE LONGUE PÉRIODE

-----

Une nette amélioration de la qualité des enregistrements des composantes horizontales de longue période a pu être obtenue par augmentation de la masse oscillante des séismographes.

Dans les paragraphes suivants nous soulignons :

- l'obtention d'une meilleure stabilité de l'équilibre;
- l'augmentation de l'amplification possible;
- l'abaissement de la résistance critique.

Cette dernière modification entraîne une possibilité d'adaptation du Shunt et des résistances additionnelles ( $R_e - r_e$ ) plus en accord avec les caractéristiques des galvanomètres Lehmer-Griffith à 90 secondes couplés avec les séismographes -

L'ensemble de ces modifications a permis de tripler le nombre des séismes exploitables enregistrés -

Exemple :

Le 25 décembre 66 - Séisme du Nord de Socotra - 14.1 N 53.8 E  
 $H = 05\ 42\ 45$  h = 33 Kms.  $M = 5.2$ . D'après la table établi pour les courtes périodes de BANGUI :  $M = 5,3$ .

d'après les composantes horizontales de longue période avec les séismographes équipés de nouvelle masse  $M = 5,23$ .

Le même enregistrement avec les anciennes masses correspondrait à une magnitude voisine de 5.7.

Remarque :

Les constantes C et D pour BANGUI de la formule  $-M = \log a + C \log \frac{L}{l} + D$  n'étant pas encore déterminées nous avons utilisé celles de STRASBOURG  $C = 1,62$   $D = 2$ .

1)- L'équation générale du mouvement d'un pendule s'écrit :

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} + D \frac{d\theta}{dt} + MgL \sin i \sin i = ML \frac{d^2x}{dt^2} .$$

avec  $K = MLI$  moment d'inertie.

M = Masse

L = Dist. du centre de gravité à l'axe de rotation.

l = Longueur réduite.

i = Angle de l'axe de rotation avec la verticale.

D = Forces d'amortissement.

La période de ce système est :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K}{MLgi}} .$$

avec  $\sin i \approx i$

Si l'on augmente la masse sans modifier sensiblement la distance du centre de gravité à l'axe ni le rayon de giration :

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{K'}{M'Lgi}}$$

avec  $K = MLL$  et  $K' = M'Ll$ , si  $L = L'$  et  $l = l'$

le rapport  $\frac{T'}{T} = 1$

2)- La période étant inchangée par une augmentation de masse les forces de frottement D, proportionnelles à la vitesse, ne sont pas modifiées - par contre de l'équation résolvante :

$$K r^2 + Dr + Mgli = 0$$

on tire la condition d'amortissement :

$D^2 > 4FK$  pendule amorti.  $D^2 = 4FK$  pendule au critique.

L'amortissement s'exprime par le rapport des forces de frottement existant aux forces de frottement critique :

$$\text{on a donc : } \frac{f_s}{f_c} = \frac{D}{\sqrt{4FK}}$$

$$\text{et } \frac{f_s}{f_c} = \frac{D}{\sqrt{4MLgi MLL}}$$

En modifiant la masse, le rapport des amortissements est égal à l'inverse du rapport des masses :

$$\frac{f_s}{f_c} = \frac{M'}{M}$$

3)- De même la constante du pendule C étant définie par :

$$C = \frac{G^2}{2K.M}$$

et G (constante électromagnétique) étant inchangé de même que  $\omega_0$ ,

$$\frac{C}{C'} = \frac{M'}{M}$$

4)- Le réglage de la période d'un pendule horizontal est d'autant plus difficile qu'on se rapproche de l'équilibre indifférent. Dans ce cas :

$\frac{d^2\theta}{dt^2}$  est identiquement nul.

$$\text{donc } \frac{d\theta}{dt} + \frac{F\theta}{D} = 0$$

$$\text{soit } \frac{d\theta}{\theta} = -\frac{F}{D} dt$$

$$\text{dont l'intégrale } \lg \frac{\theta}{\theta_0} = -\frac{Ft}{D} \quad \theta = \theta_0 e^{-\frac{Ft}{D}}$$

Or  $F = MLgi$  étant proportionnel à  $M$  l'équilibre sera d'autant mieux observable aux longues périodes que la masse est plus grande.

5)- Données expérimentales :

a.- La masse de la partie mobile du Séismographe HNS était de 4270 grammes elle a été portée à 11.680 grammes.

$$M = 4270 \quad M' = 11.680$$

$$\frac{M}{M'} = 0,3663$$

b.- Nous tiendrons compte de l'erreur sur la position des masses qui peut s'exprimer par la longueur réduite.

$$l = 14,9 \text{ cm.}$$

$$l' = 16,27 \text{ cm.} \quad \frac{l}{l'} = 0,915$$

c.- Le rapport théorique des amortissements  $\beta_0$  sera donc :

$$\frac{\beta'_0}{\beta_0} = \frac{M}{M'} \quad \frac{l}{l'} = 0,3497$$

Pour  $T_0 = 10$  Sec. les amortissements pour l'ancienne et la nouvelle masse respectivement sont :

$$\beta_0 = 0,0950 \quad \beta'_0 = 0,0341$$

Le rapport expérimental :

$$\frac{\beta'_0}{\beta_0} = 0,3672$$

d.- Le rapport théorique de la constante d'amortissement électromagnétique  $C$  s'exprime par :

$$\frac{C'}{C} = \frac{M}{M'} \quad \frac{l}{l'} = 0,3497$$

Pour  $T_0 = 10$  Sec. on a trouvé expérimentalement :

$$C = 5.809 \quad C' = 1.875$$

soit un rapport expérimental :

$$\frac{C'}{C} = 0,3220$$

6)- Effets de la modification de masse sur le maximum d'amplification.

- L'amortissement pour un montage électrique  $R_T$  donné sera (la périodicité étant inchangée  $T_0 = 10$ ).

$$\beta' = \beta'_0 + \frac{C}{R_T} \quad \text{et} \quad = 0,35 \left\{ \beta_0 + \frac{C}{R_T} \right\}$$

- Par ailleurs les conditions d'amortissement du Galva couplé au Séismographe n'étant pas modifiée on a :

$$\frac{1 - \lambda}{1 - \lambda'} = \frac{C}{C'}, \quad \frac{\beta'}{\beta} = 1$$

de même :

$$\frac{F^2}{F'^2} = \frac{M}{M'}, \quad \frac{\beta}{\beta'} = 1$$

- En prenant  $\frac{\beta'}{\beta} = \frac{C'}{C} = 0,35$  on a :

$$\frac{A'}{A} = 0,43 \quad \frac{B'}{B} = 0,74 \quad \frac{C'}{C} = 0,47$$

$$X' = 0,475 X.$$

$\frac{Y'}{Y}$  est variable en fonction de  $S$ , on admettra cependant que

pour les périodes centrales.

$$\frac{Y'}{Y} = 0,644.$$

Il résulte que le maximum d'amplification s'élève dans le même rapport que le rapport des masses soit de l'ordre de 2,5.

N.B- La modification des masses des seismographes horizontaux longue période a été effectuée le 5 Décembre 1966.

CONSTANTES DES SELSMOGRAPHES LONGUES PERIODES

	<u>ZLP</u>	<u>NSLP</u>	<u>EWLP</u>
Masses (grammes)	6.800	11.680	11.680
II.			
Dist.Cdg. Axe.	36,2	13,8	13,8
Longueur réduite.		16,3	16,3
Résist.intérieure.	500	920	920
$T_0$ (Sec).	10	10	10
$\beta_0$	0,009	0,0342	0,0249
C.	1.116	1.875	1.785

GALVANOMETRES LEHNER-GRIFFITH.

$$\begin{array}{lll} ZLP \ T_0 \ 90 = 0,343 & C = 735 & k = 0,622 \\ HLP \ T_0 \ 90 = 0,347 & C = 798 & k = 0,676 \end{array}$$

MONTAGE ADOPTÉ ET CONSTANTES DE L'EQUATION DE MOUVEMENT.

	<u>ZLP</u>	<u>NSLP</u>	<u>EWLP</u>
$R_e$	1.000	0	0
$r_e$	0	0	0
S	1.000	2.000	2.000
$\beta$	0,846	1,454	1,377
$\alpha$	1,011	1,048	1,048
$(1-\lambda)$	0,174	0,5479	0,362
A	5,748	9,422	8,960
B	11,935	13,009	12,793
C	6,630	7,256	7,204
VI	16.368	35.840	34.940

## L E T E M P S .

Les schémas (fig. 22, 23 et 24) expliquent le dispositif de marquage du temps sur les enregistrements seismiques et magnétiques -

La correction du temps est faite chaque matin (à 05h.TU) pour un observateur qui prend au chrono les signaux WWV et détermine l'écart avec le contact de la minute ronde fourni par le régulateur I - Les dixièmes de secondes sont mesurés plusieurs fois sur les signaux de secondes -

Des perfectionnements doivent être apportés à la précision du temps :

- Synchronisation par horloge à quartz après installation d'une enceinte climatisée -

- Mise au point d'un cadre accordé et orienté pour une meilleure réception des signaux horaires -

Enregistrement des signaux horaires pendant 6 minutes deux à trois fois par jour après acquisition d'un enregistreur très rapide -

La variation journalière du dispositif actuel est de l'ordre de quelques dixièmes et peut atteindre l'ordre de grandeur de la seconde lors d'accidents météorologiques très prononcés - semble-t-il -

REMARQUE SUR LES ENREGISTREMENTS.

Les enregistrements seismologiques portent les annotations suivantes :

- Seismologie - Station de BANGUI.
- Composante.
- Date du début d'enregistrement.
- Date de la fin d'enregistrement.
- Correction de temps au début.
- Correction de temps à la fin.
- Sens du mouvement du sol.
- Heures rondes.

BANGUI - MARS 1967.

- STATION ANNEXE VOLANTE -

Equipée d'un scismographe vertical, courte période, willmore  
 $T = 0,6 \text{ Sec.}$  Cette station sera dotée d'un chronostat pour le marquage du temps -

Un amplificateur à collule différentielle, du même type que ceux utilisés à l'observatoire de BANGUI est équipé à sa sortie de divers filtres qui peuvent être utilisés en série ou séparément -

Les branchements rapides permettent de monter la station en quelques minutes - Voir schémas de principe (fig.25).

Les galvanomètres utilisés sont les suivants :

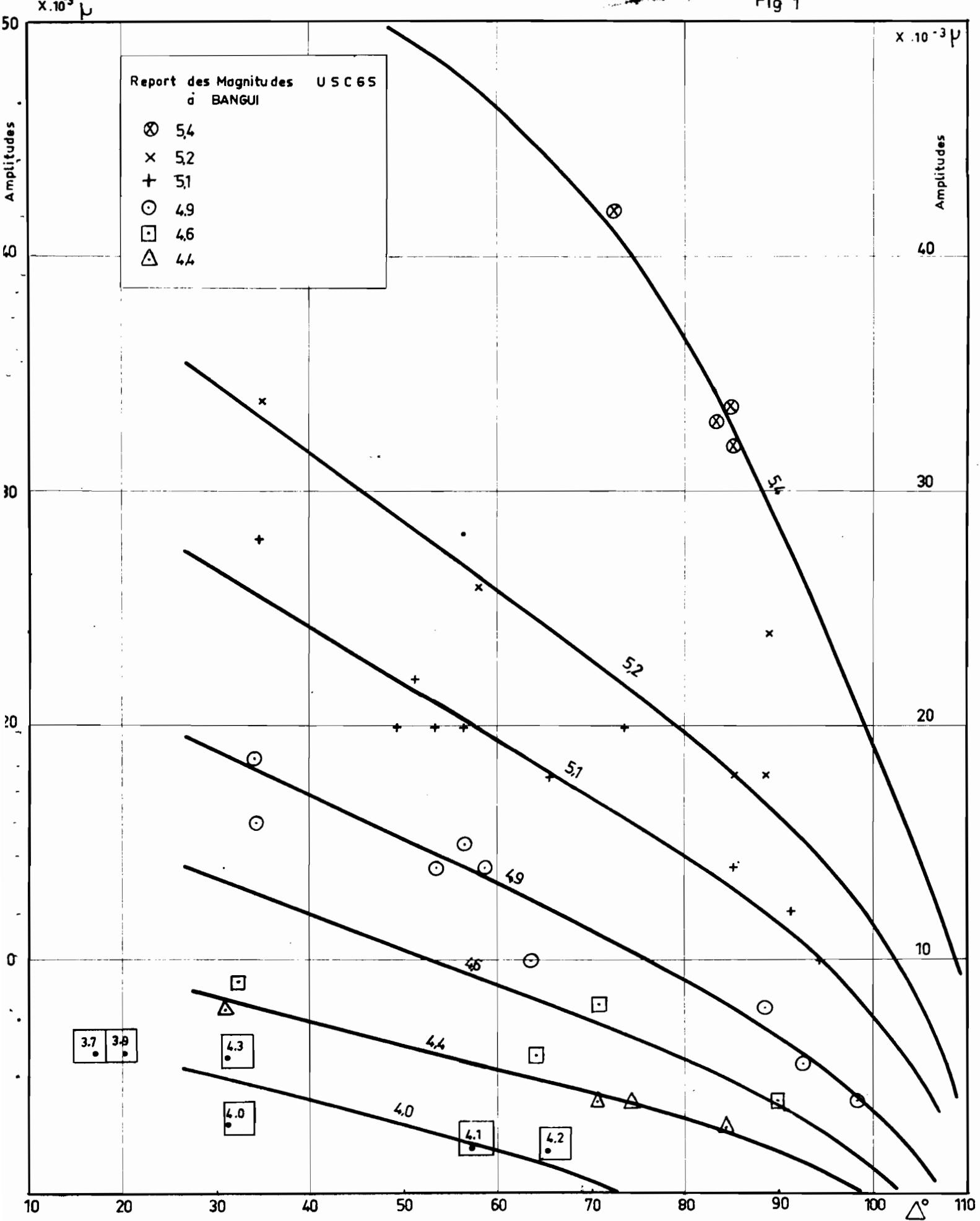
- galvanomètre d'entrée,  $G_1$  . Sefram SW3  $T = 0,45 \text{ S.}$
- galvanomètre d'enregistrement,  $G_2$  . Schlumberger AV15T  
 $T = 1,2 \text{ S.}$

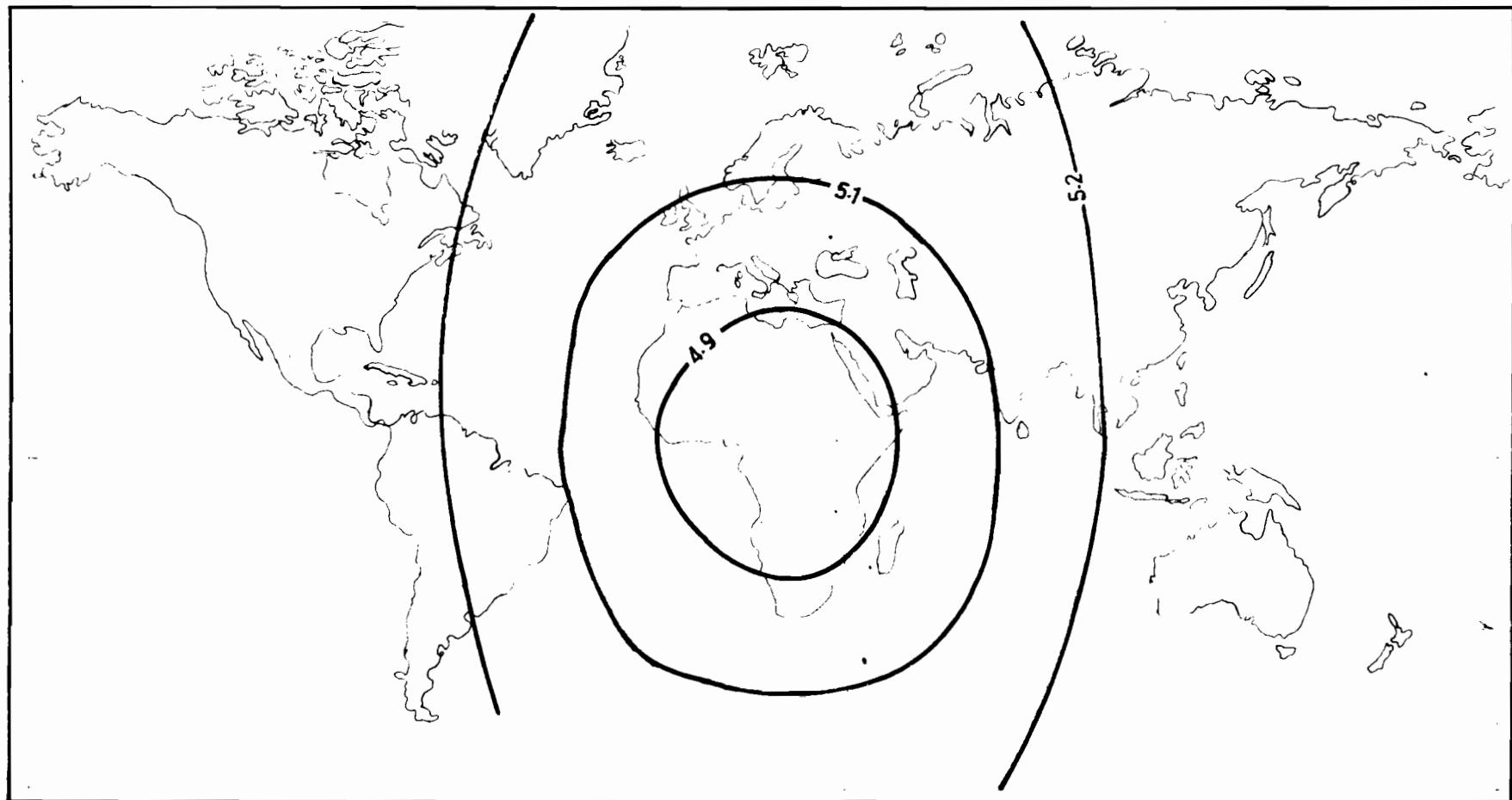
les filtres disponibles sont de 6 Sec. 5 Sec. 3 Sec. 4 Sec. 2 Sec. 0,5 Sec. (Voir fig.26).

L'enregistrement s'effectue provisoirement sur suiveur de spot Sefram -

BANGUI - AVRIL 1967.

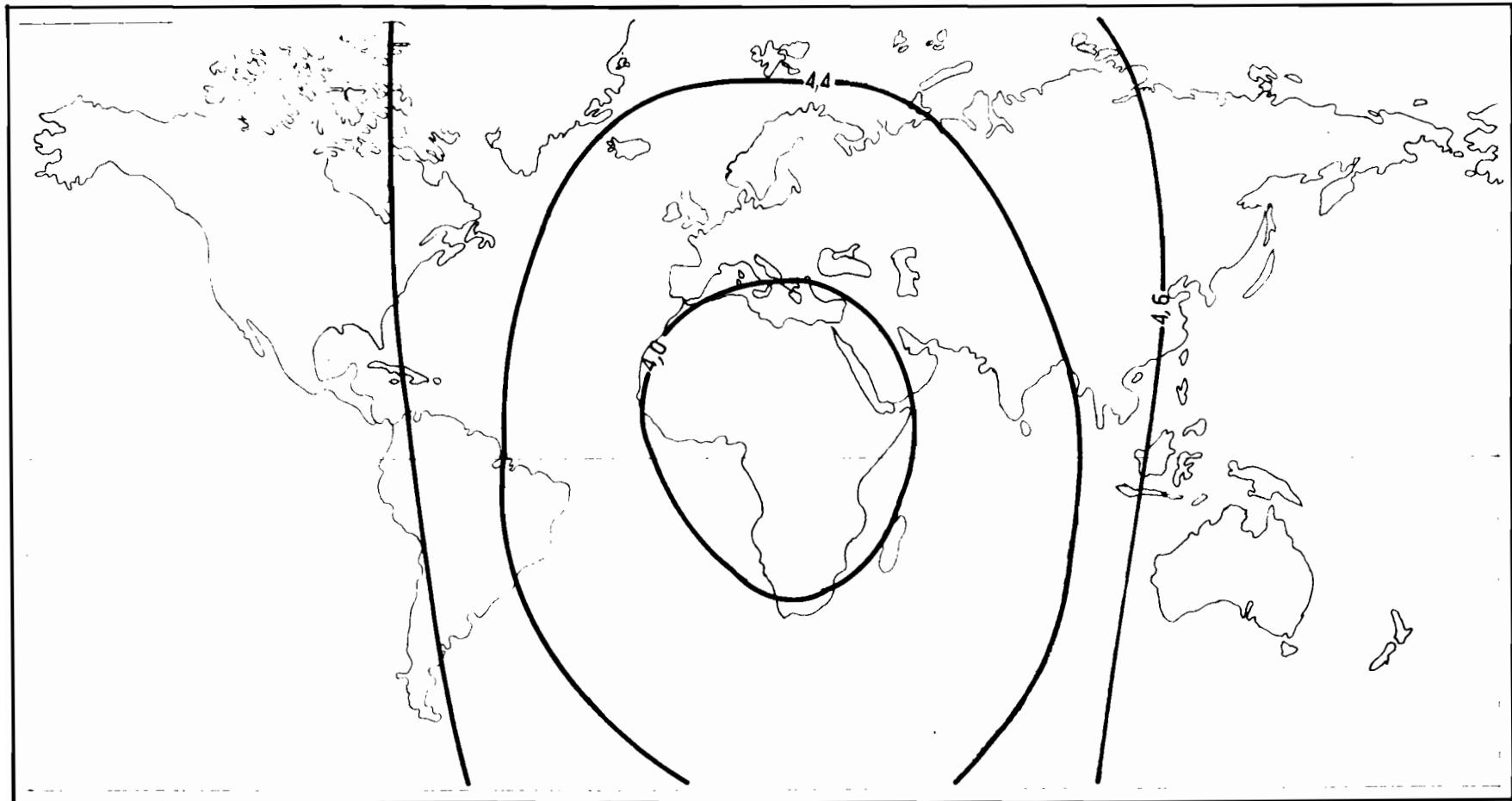
Fig 1





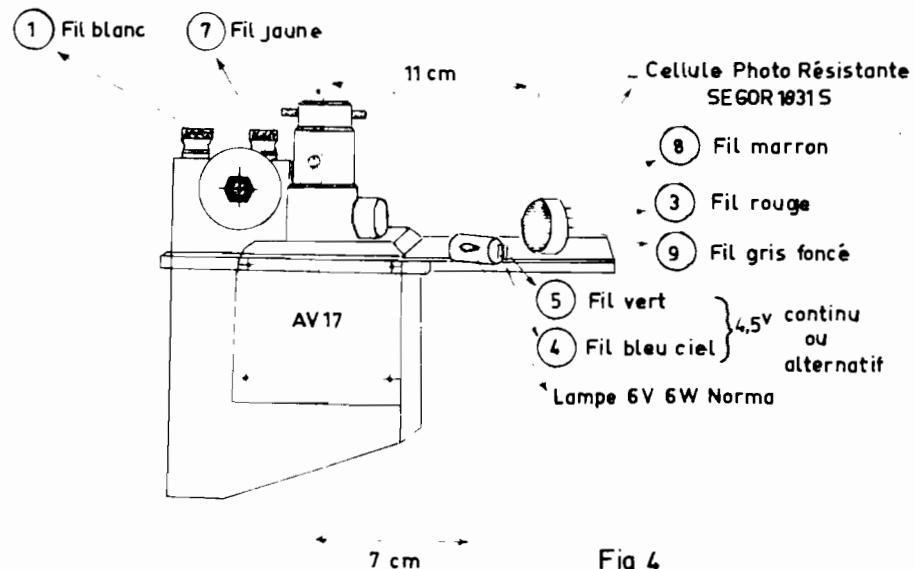
Magnitudes limites produisant un déplacement de 2mm sur l'enregistrement (ondes P)  
Pour une amplification de 100.000

Fig 2



Magnitudes limites produisant un déplacement de 2mm sur l'enregistrement (ondes P)  
Pour une amplification de 500.000

Fig 3



Utilisation de la cellule différentielle :

Cellule sur impédance  $Z$       - Sur Potentiomètre de gain

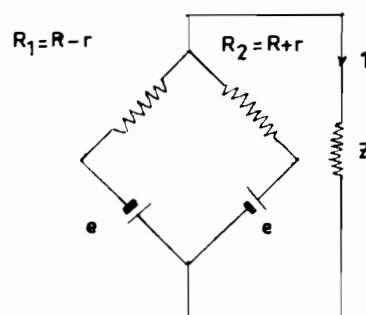


Fig 6

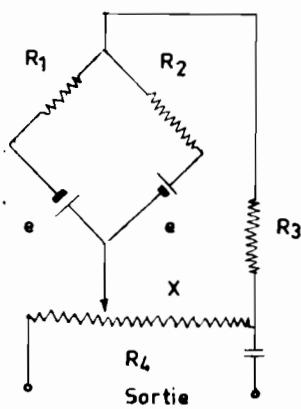


Fig 7

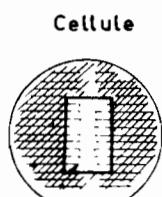


Fig 5

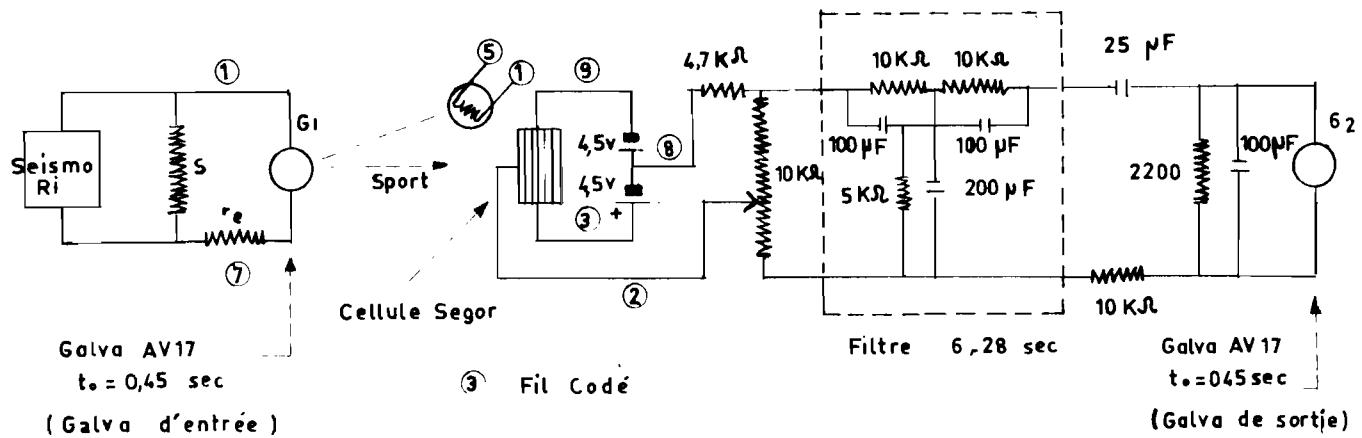
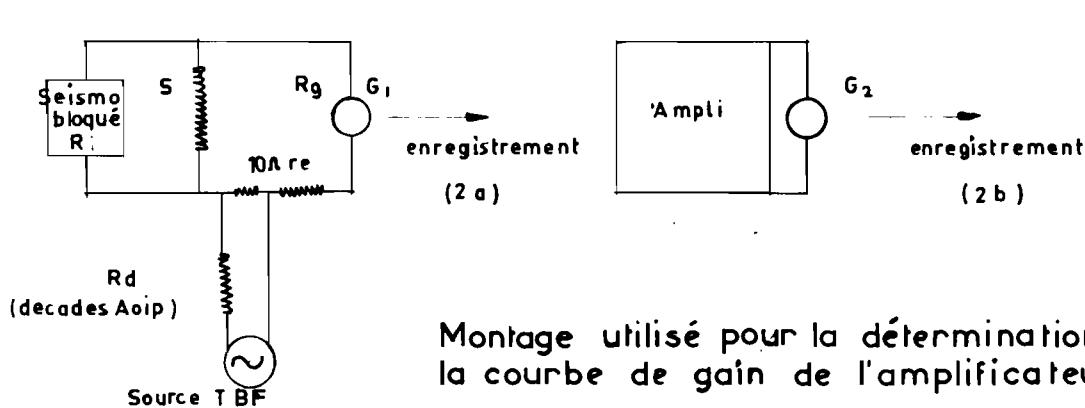


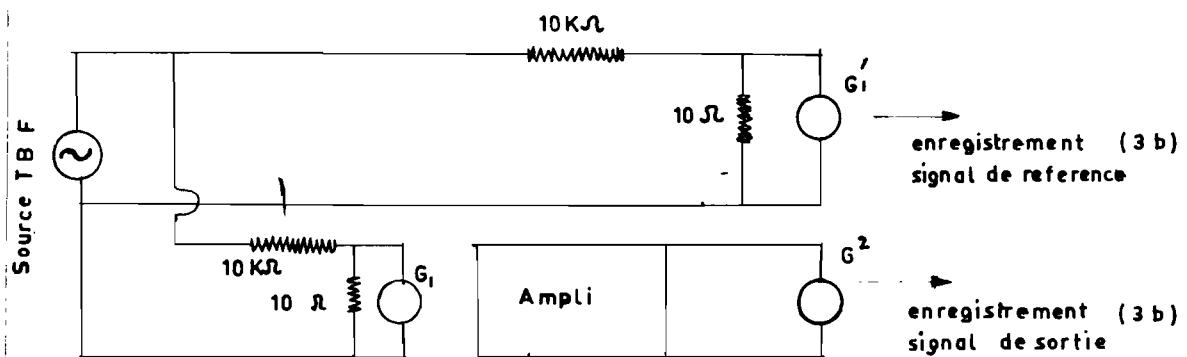
Schéma réel de l'amplificateur

Fig 8



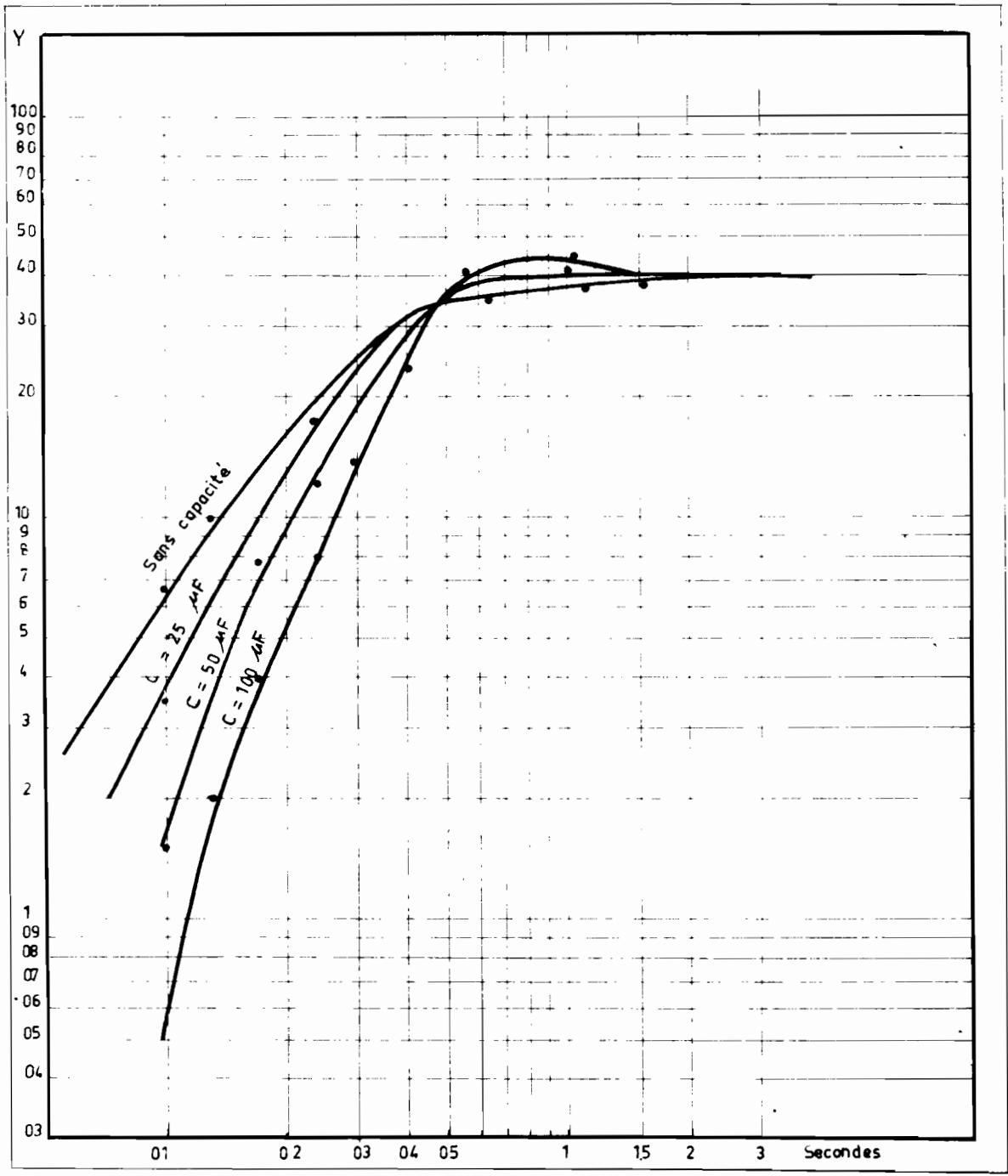
Montage utilisé pour la détermination de la courbe de gain de l'amplificateur

Fig 9

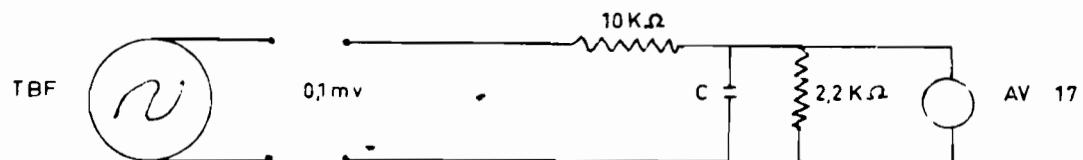


Montage utilisé pour la détermination de la courbe de déphasage de l'amplificateur

Fig 10

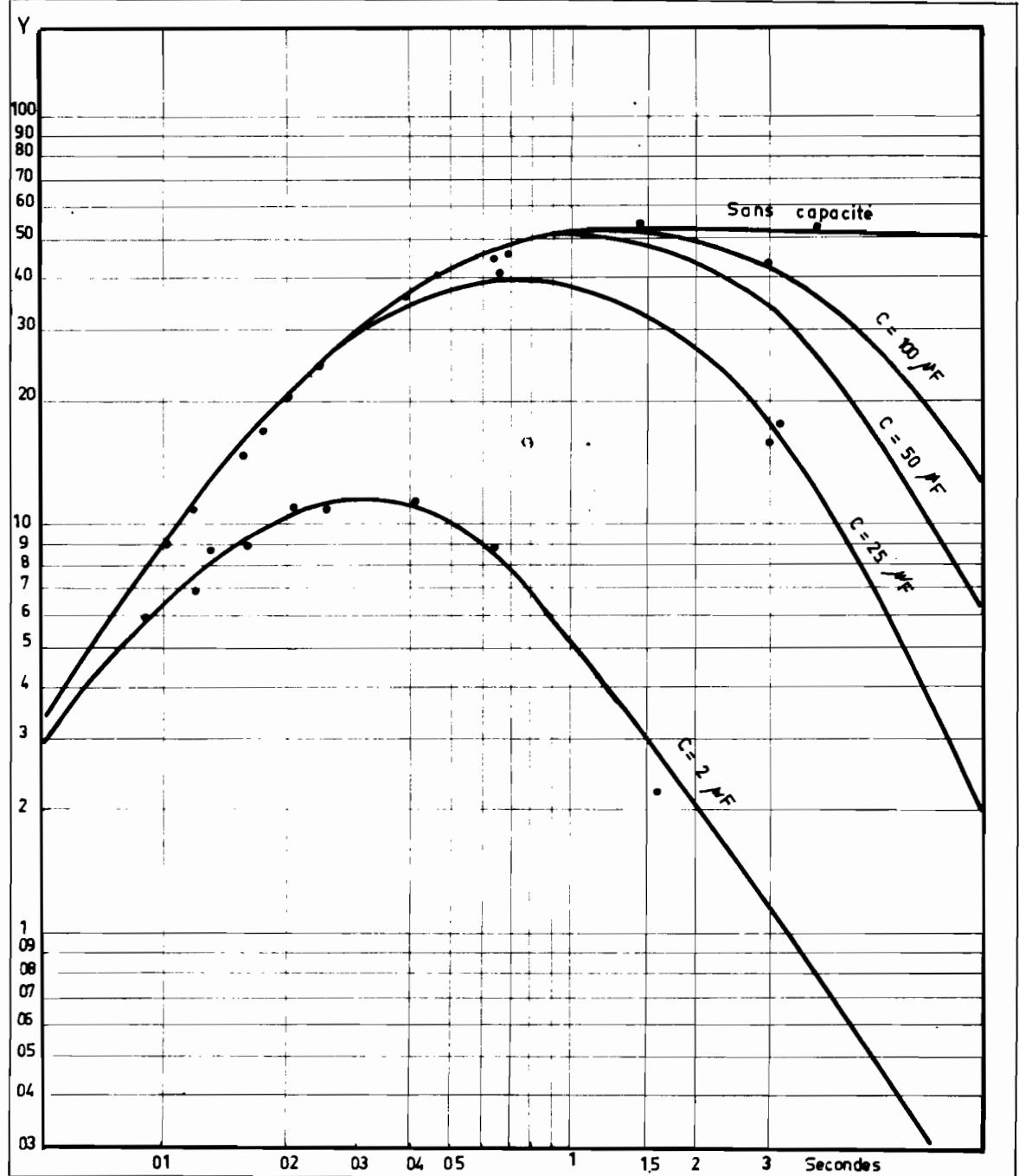


$Y$  = déviation pour 0,1 millivolt à 75 cm

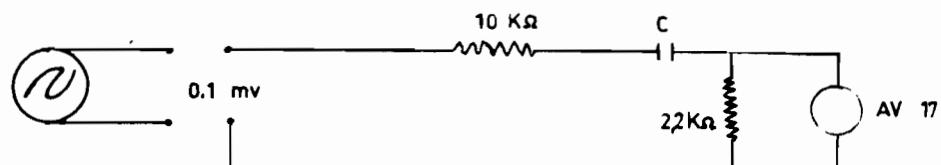


ATTENUATION DES TRES COURTES PERIODES

Fig 11

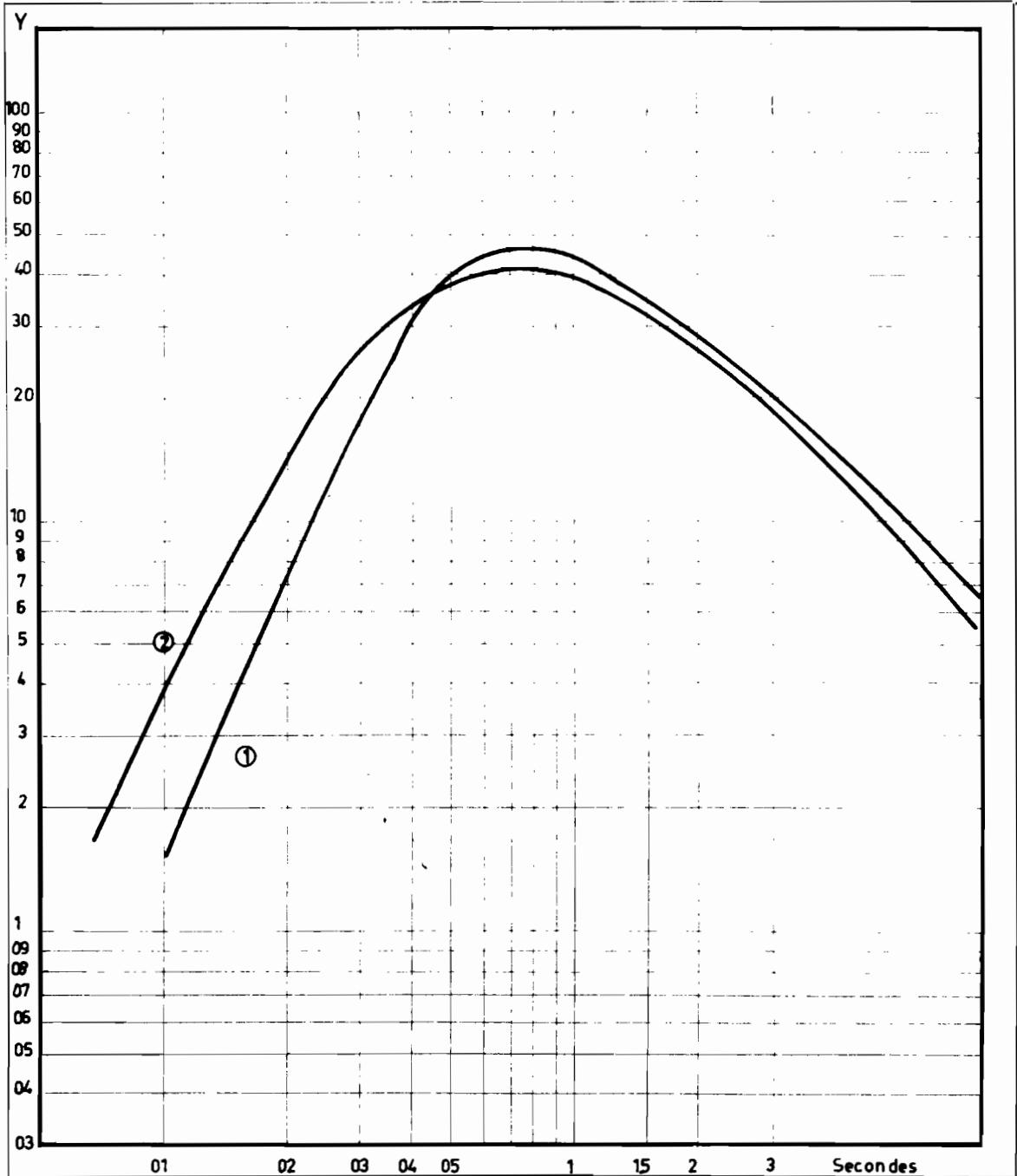


$Y$  = deviation pour 0.1 millivolt à 75 cm.

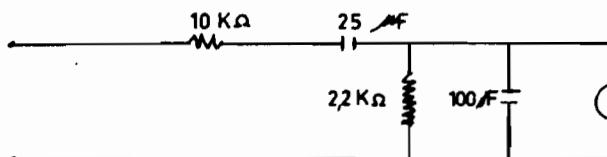


ATTENUATION DES PERIODES  $T > 2$  Sec

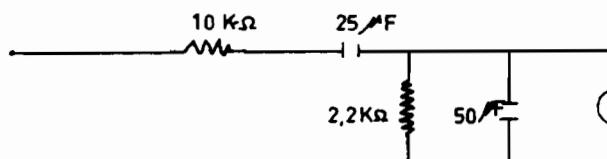
Fig 12



$Y =$  déviation pour 0.1 millivolt à 75 cm.



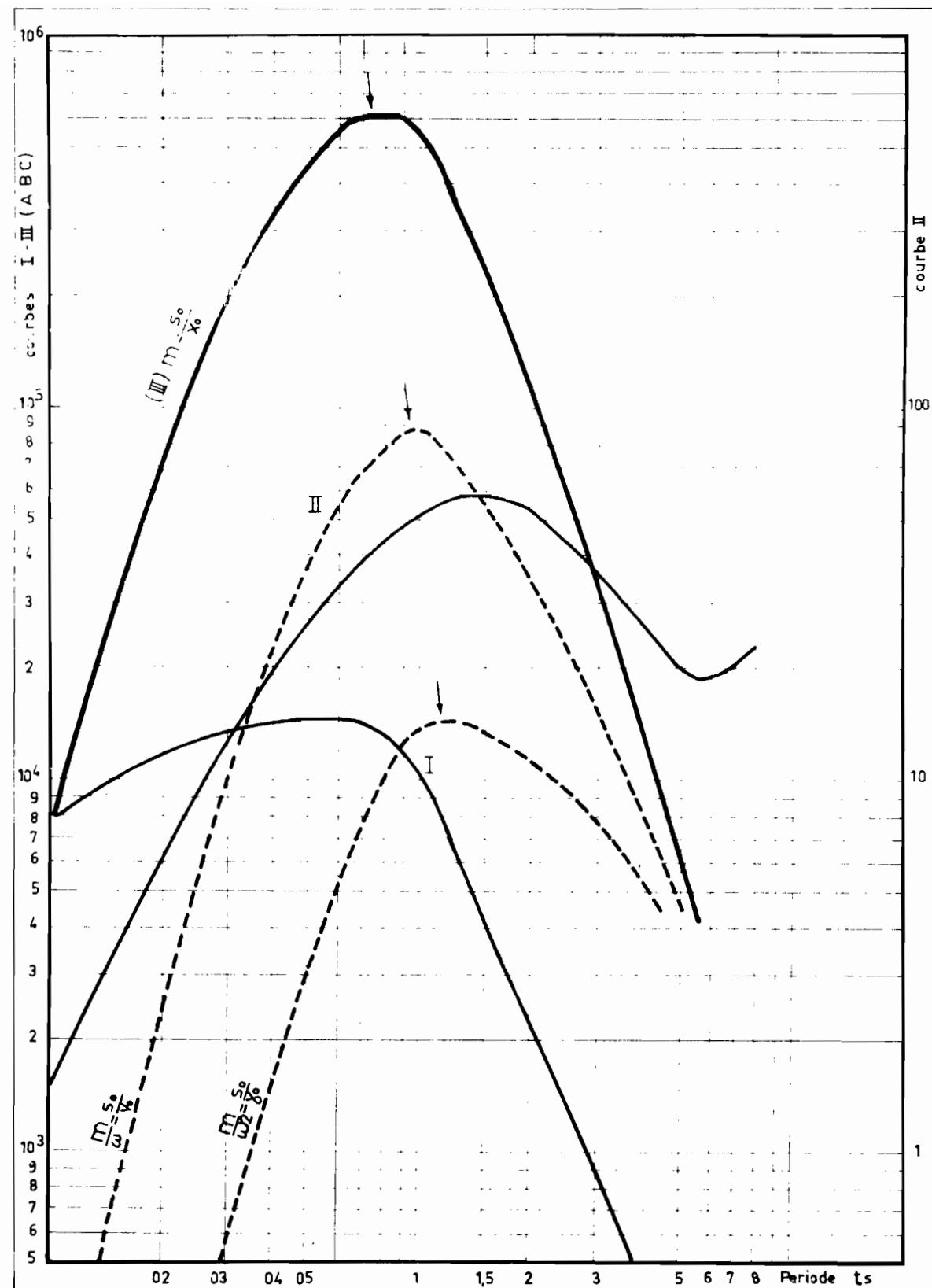
1



2

COMPARAISON DE 2 MONTAGES

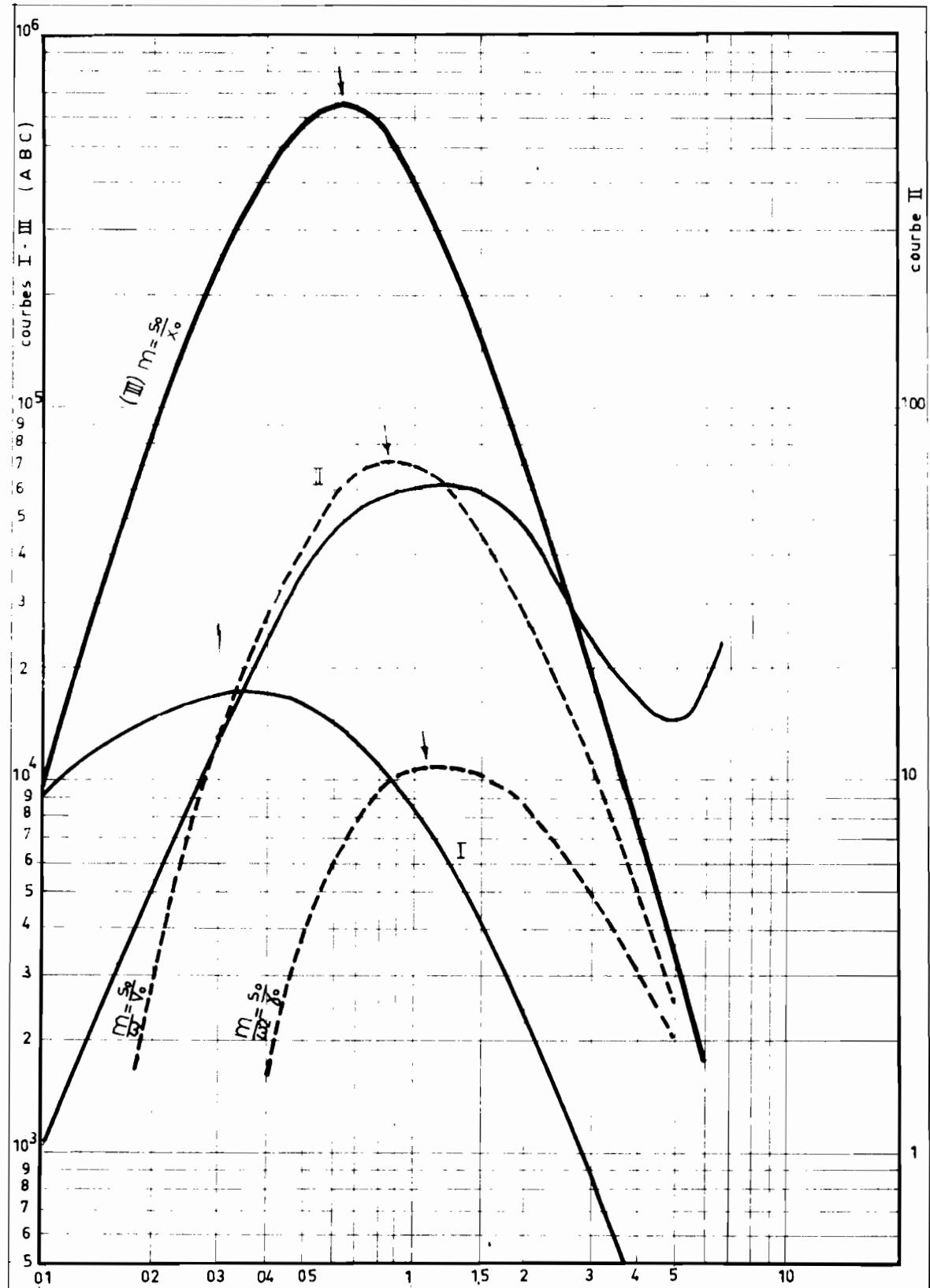
Fig 13



NS cp

- I courbe d'amplification à de l'ampli
- II courbe de l'ampli
- III courbe d'amplification de l'enregistrement
- IV déplacement  $\frac{A}{\omega}$  vitesse  $\frac{A}{\omega_2}$  accélération

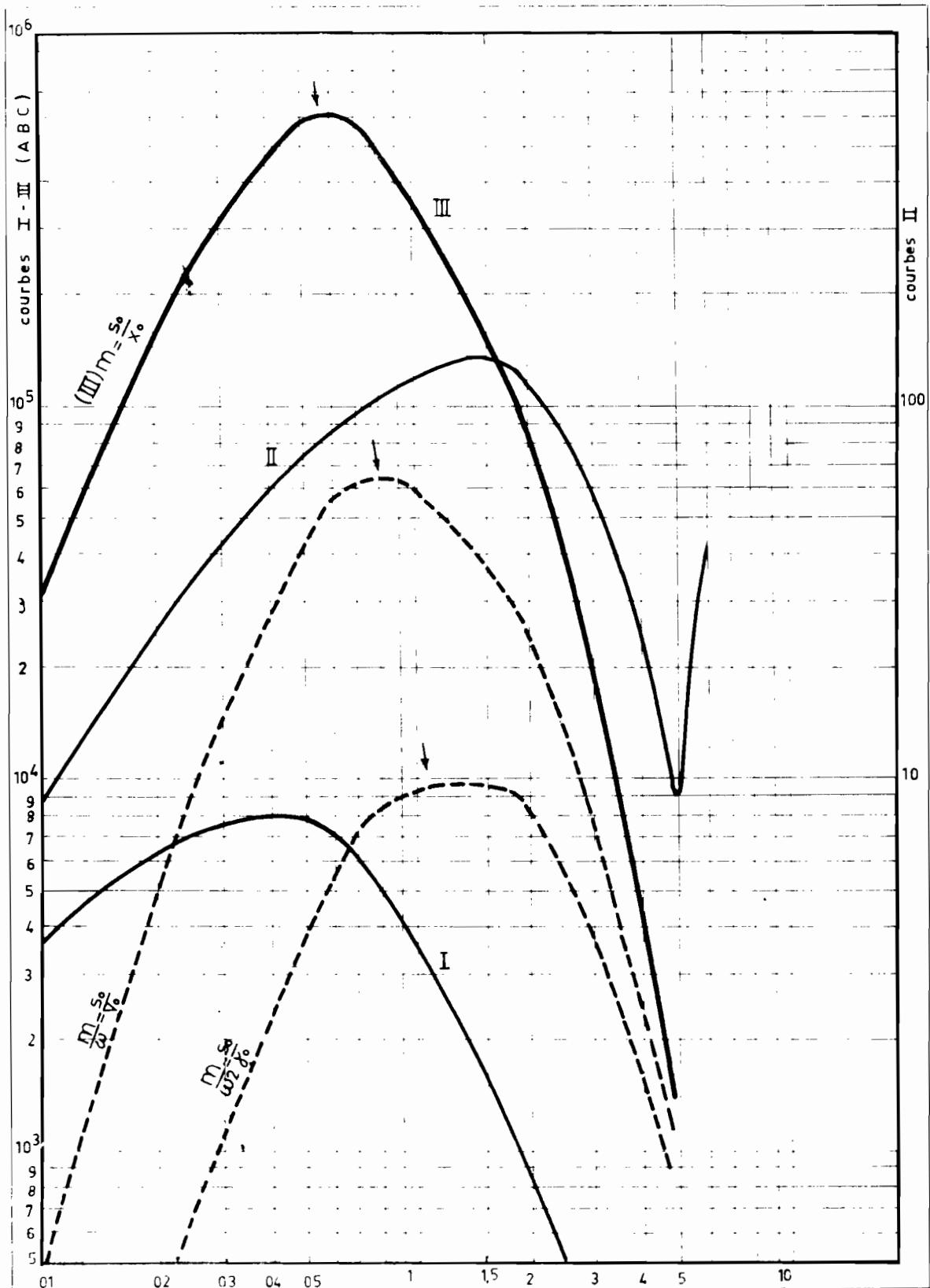
Fig 14



**EWcp**

- I courbe d'amplification à l'entrée de l'ampli
- II courbe de l'ampli
- III courbe d'amplification de l'enregistrement
- IV déplacement  $\frac{A}{\omega}$  vitesse  $\frac{A}{\omega^2}$  accélération

Fig 15



- |            |   |
|------------|---|
| <b>Zcp</b> | I      courbe d'amplification à l'entrée de l'ampli                                 |
|            | II      courbe de l'ampli   |
|            | III     courbe d'amplification de l'enregistrement                                  |
|            | IV     déplacement $A$ vitesse $\frac{A}{\omega}$ accélération $\frac{A}{\omega^2}$ |

Fig 16

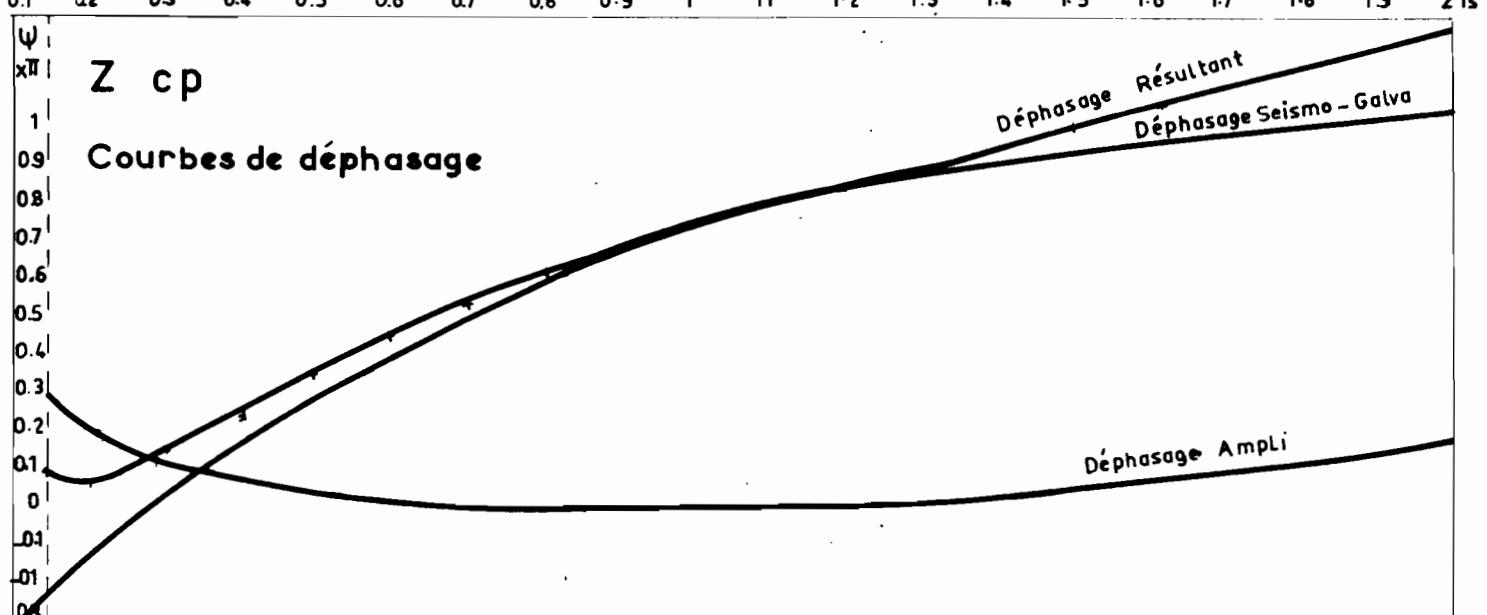
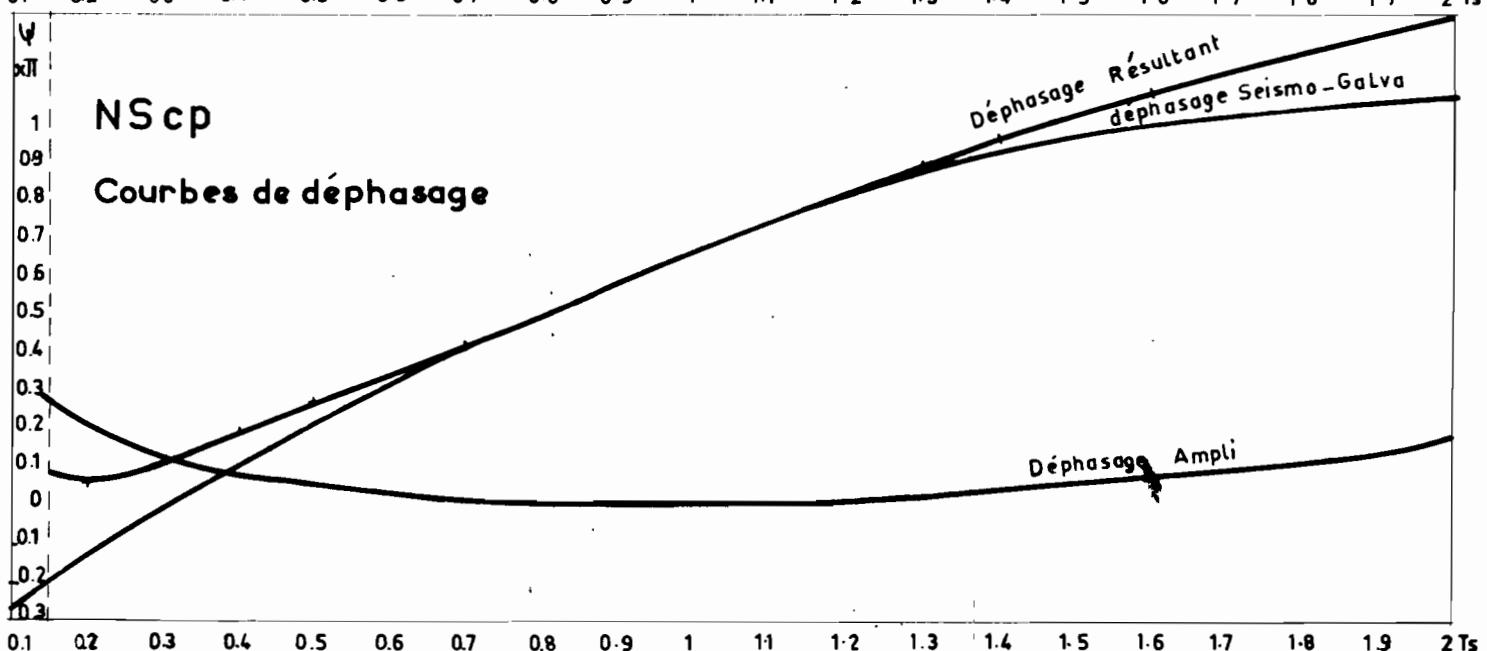
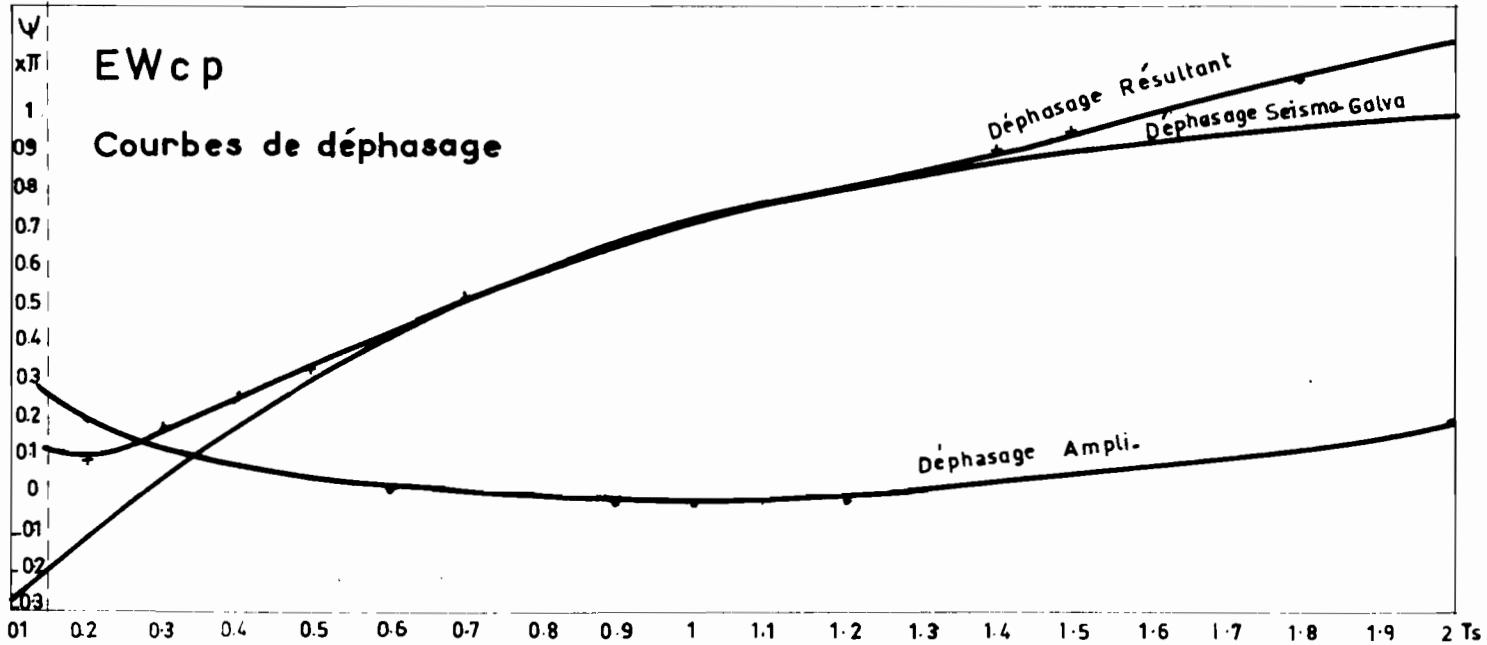
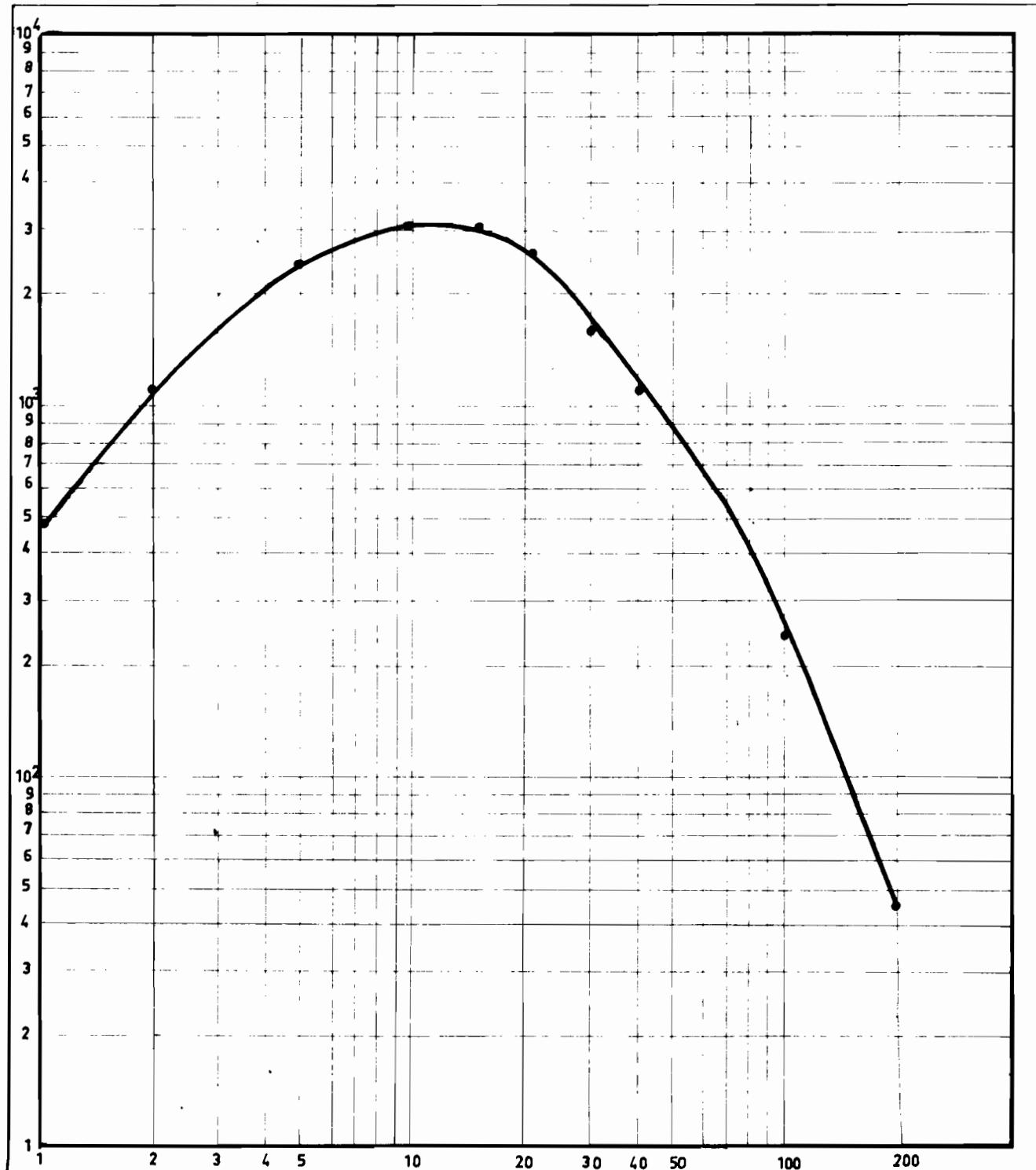


Fig 17



$Z_{LP}$

Courbe d'amplification

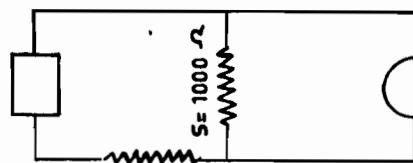
$$T_0 = 10s$$

$$t_0 = 90s$$

$$\beta = 0,846$$

$$\alpha = 1,011$$

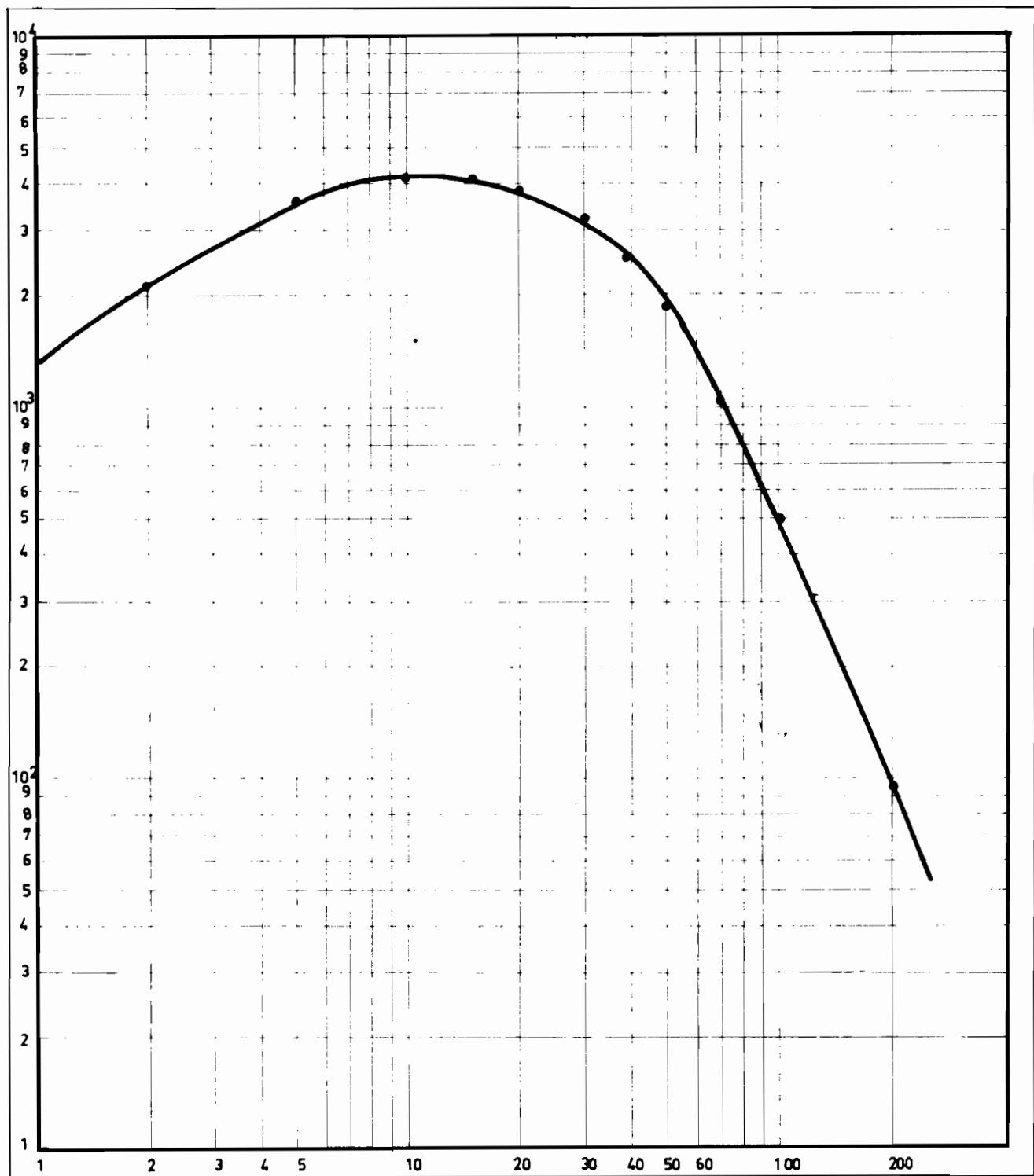
Seismo  
 $R_i = 500 \Omega$



Galva (L et G)  
 $R_i = 500 \Omega$

$$R_e = 1000 \Omega$$

Fig 18



NSLP -

Courbe d'amplification

$$T_0 = 10 \text{ s}$$

$$t_0 = 90 \text{ s}$$

$$\beta = 1,454$$

$$\alpha = 1,048$$

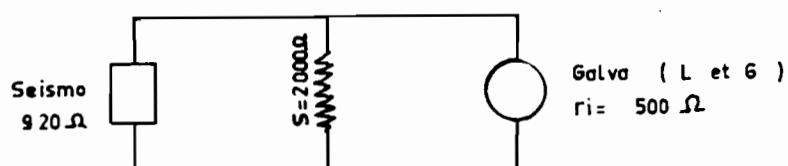
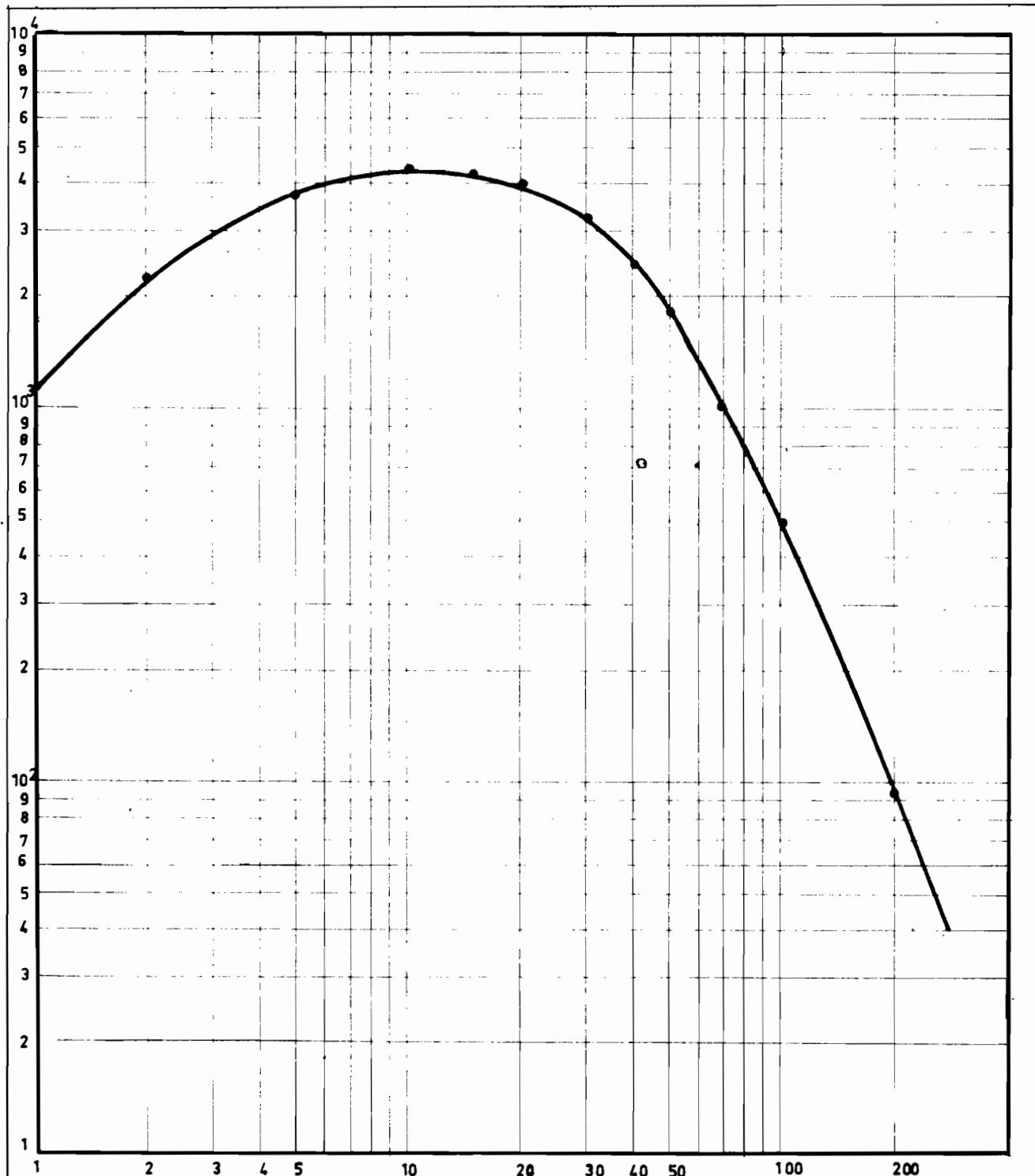


Fig 19



EWLP

Courbe d'amplification

$$T_0 = 10 \text{ s}$$

$$t_0 = 90 \text{ s}$$

$$\beta = 1.377$$

$$\alpha = 1.048$$

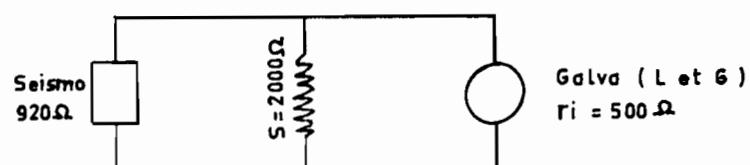


Fig 20

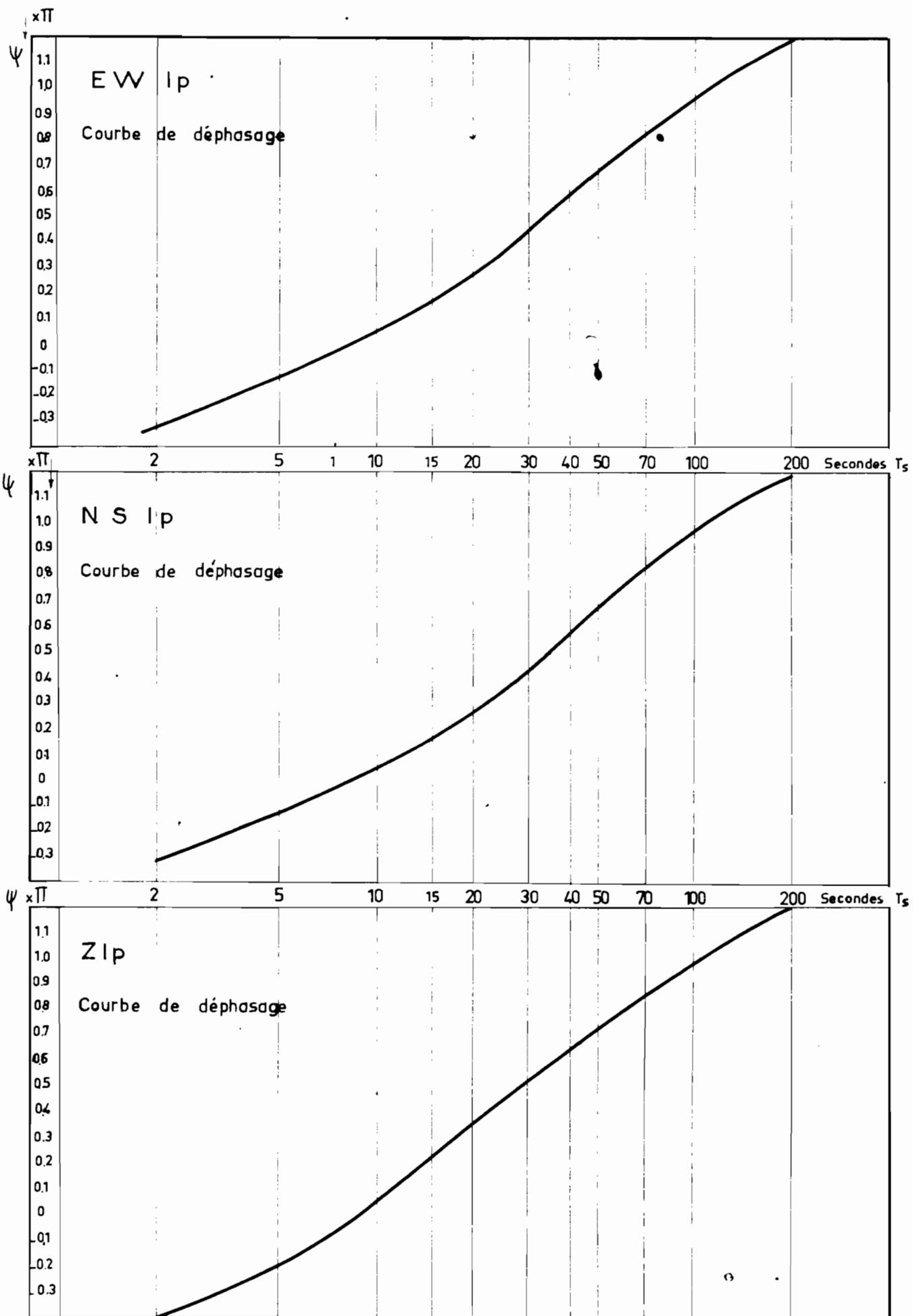


Fig 21

Fig 22

## SCHEMA DE MONTAGE DU MARQUAGE TEMPS

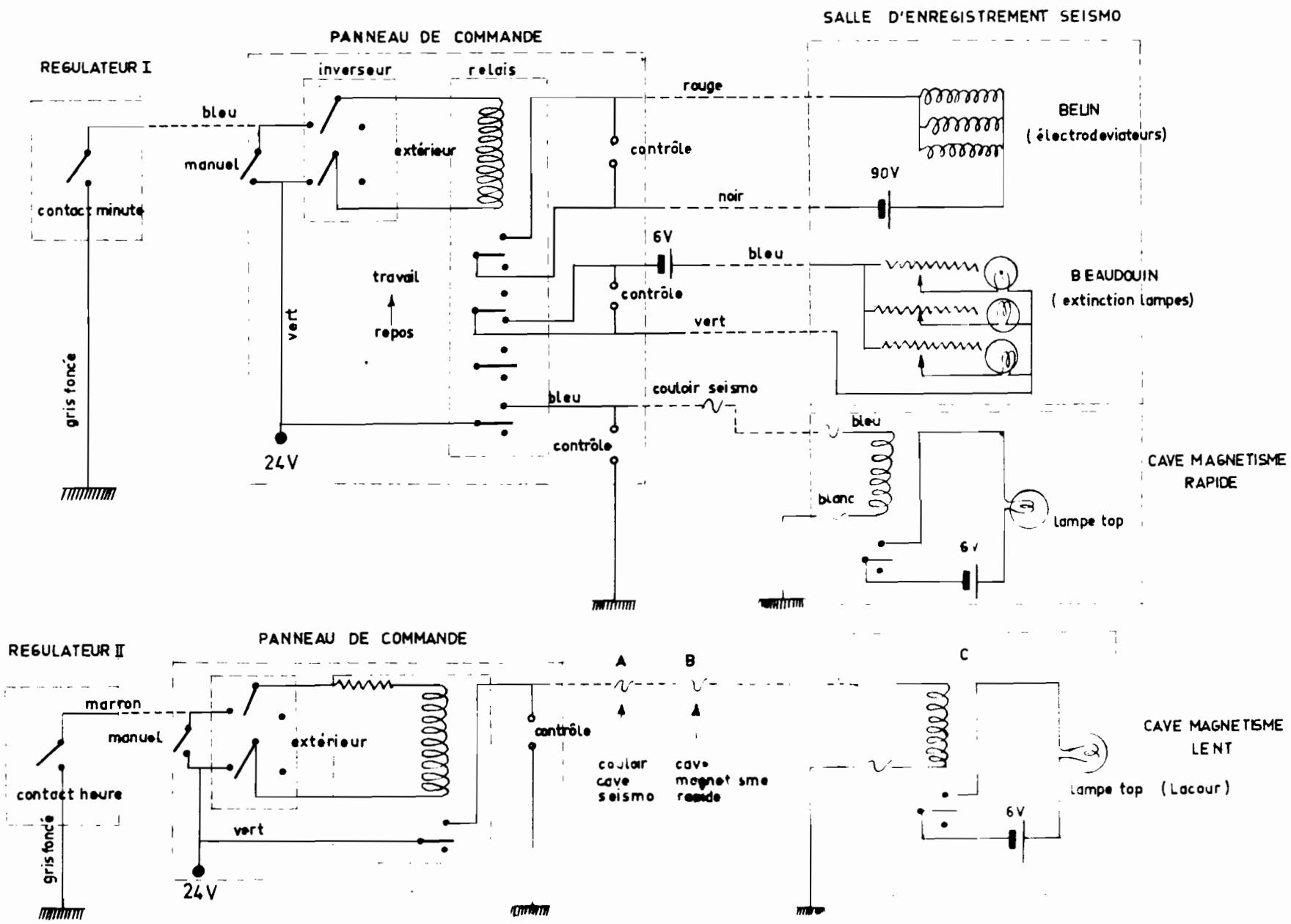
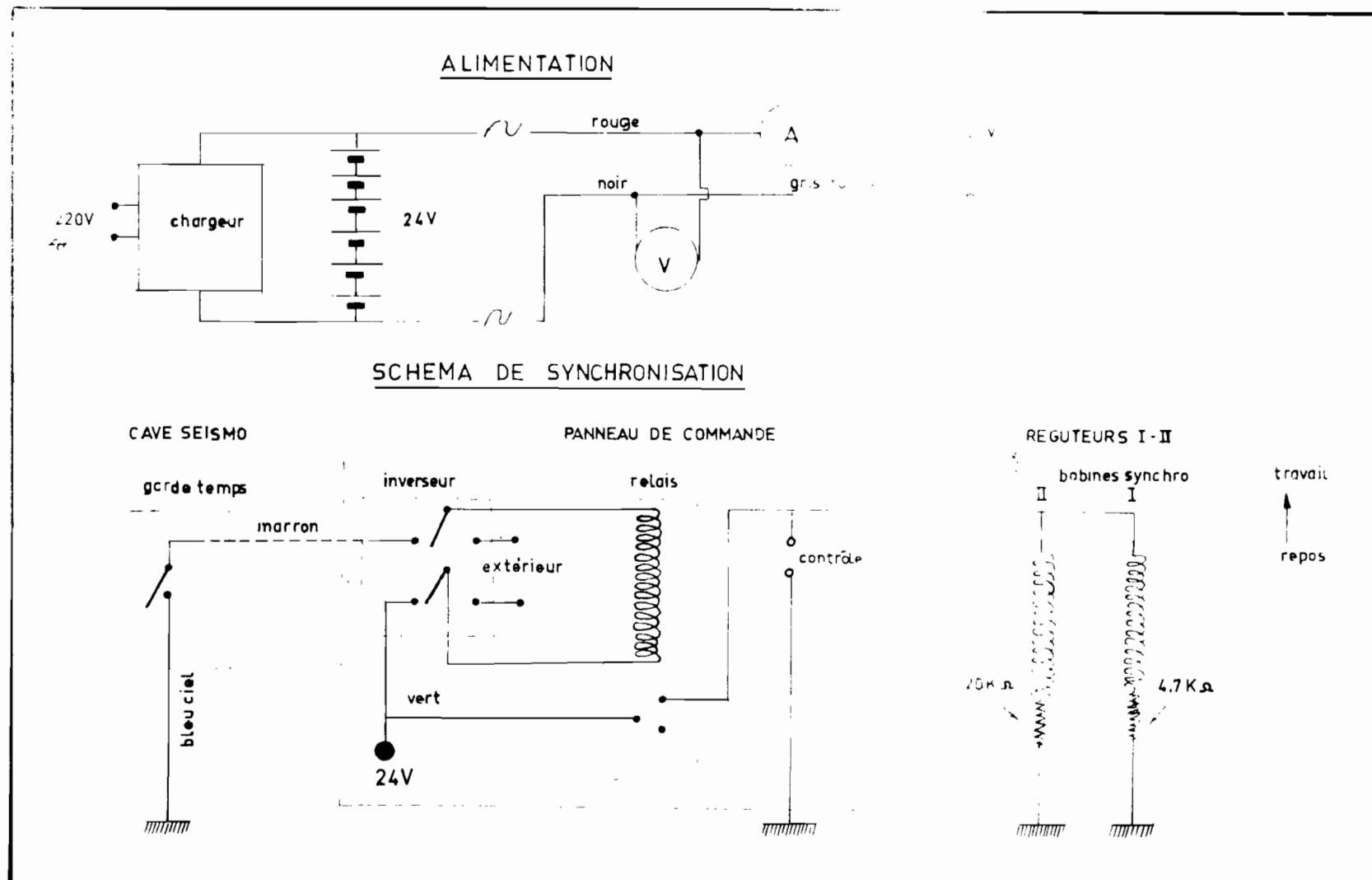


Fig 23



Distribution de l'heure  
Tableau de commande et de contrôle

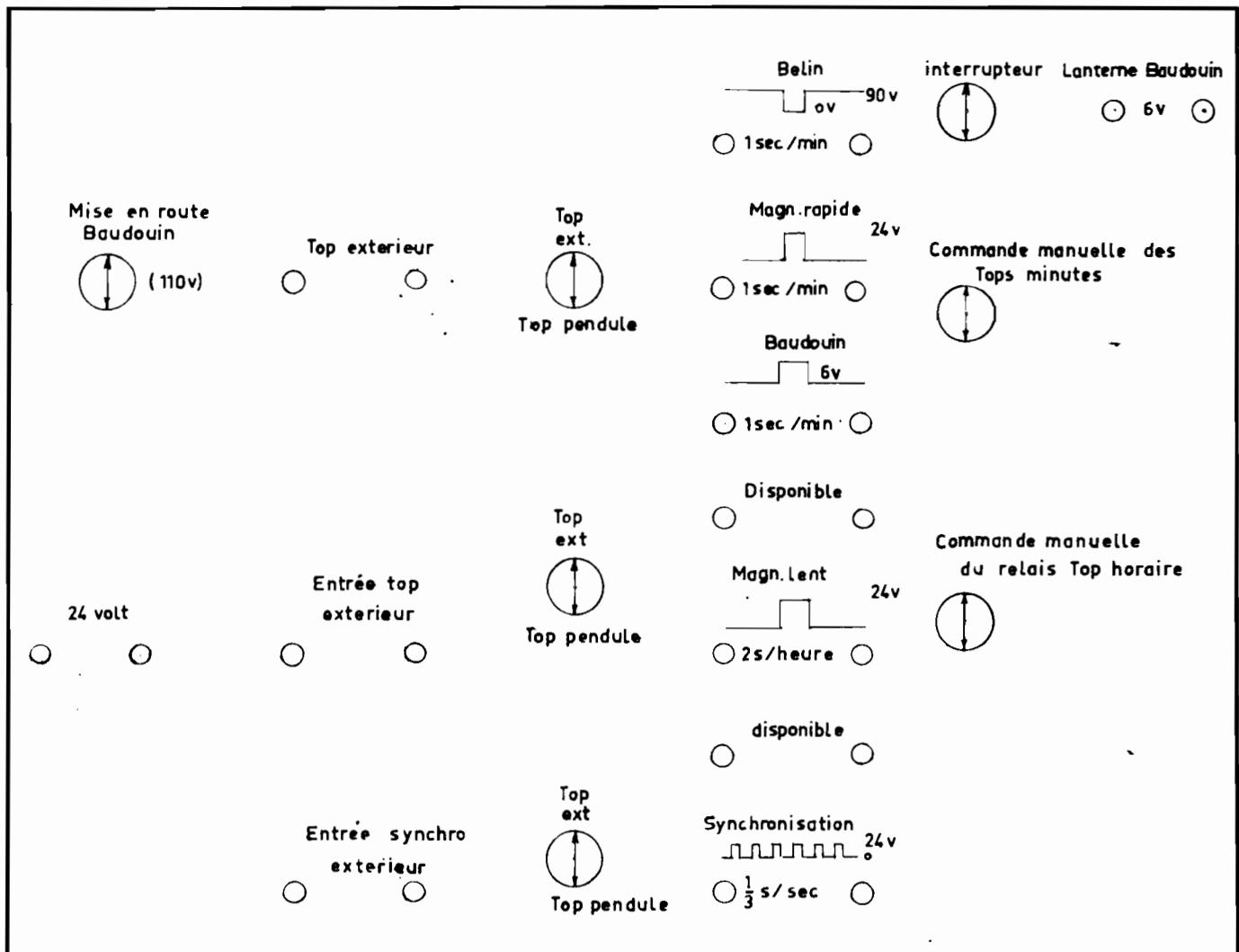
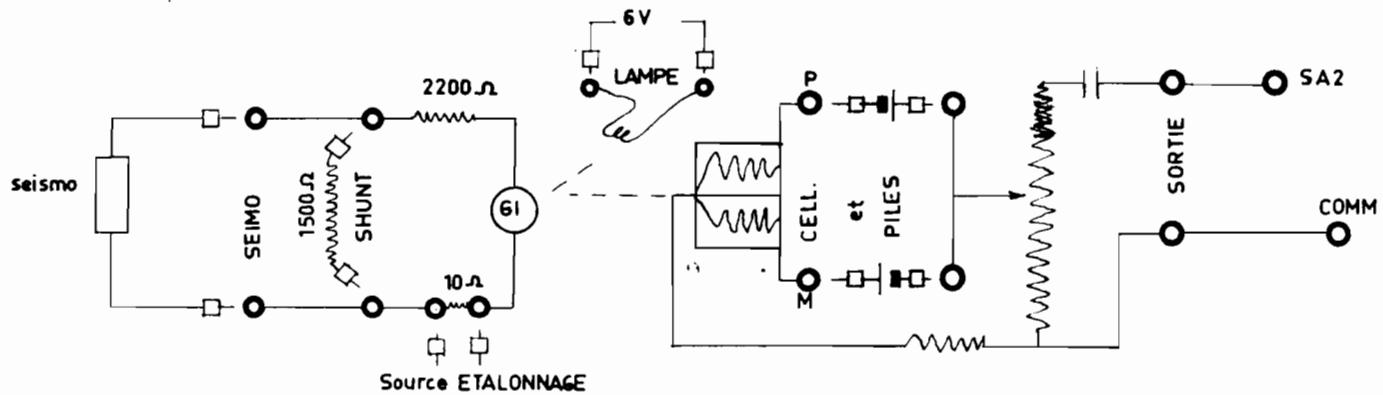


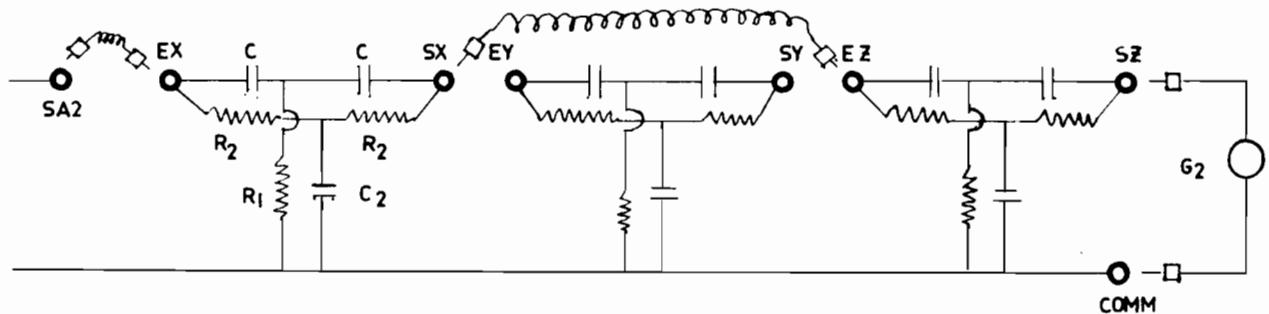
Fig 24

## STATION ANNEXE VOLANTE

Schema de principe avec notation des fiches  
donnant lieu à un branchement extérieur (○)



Les 2 fiches "SORTIE" sont équivalentes aux fiches SA2 et COMM



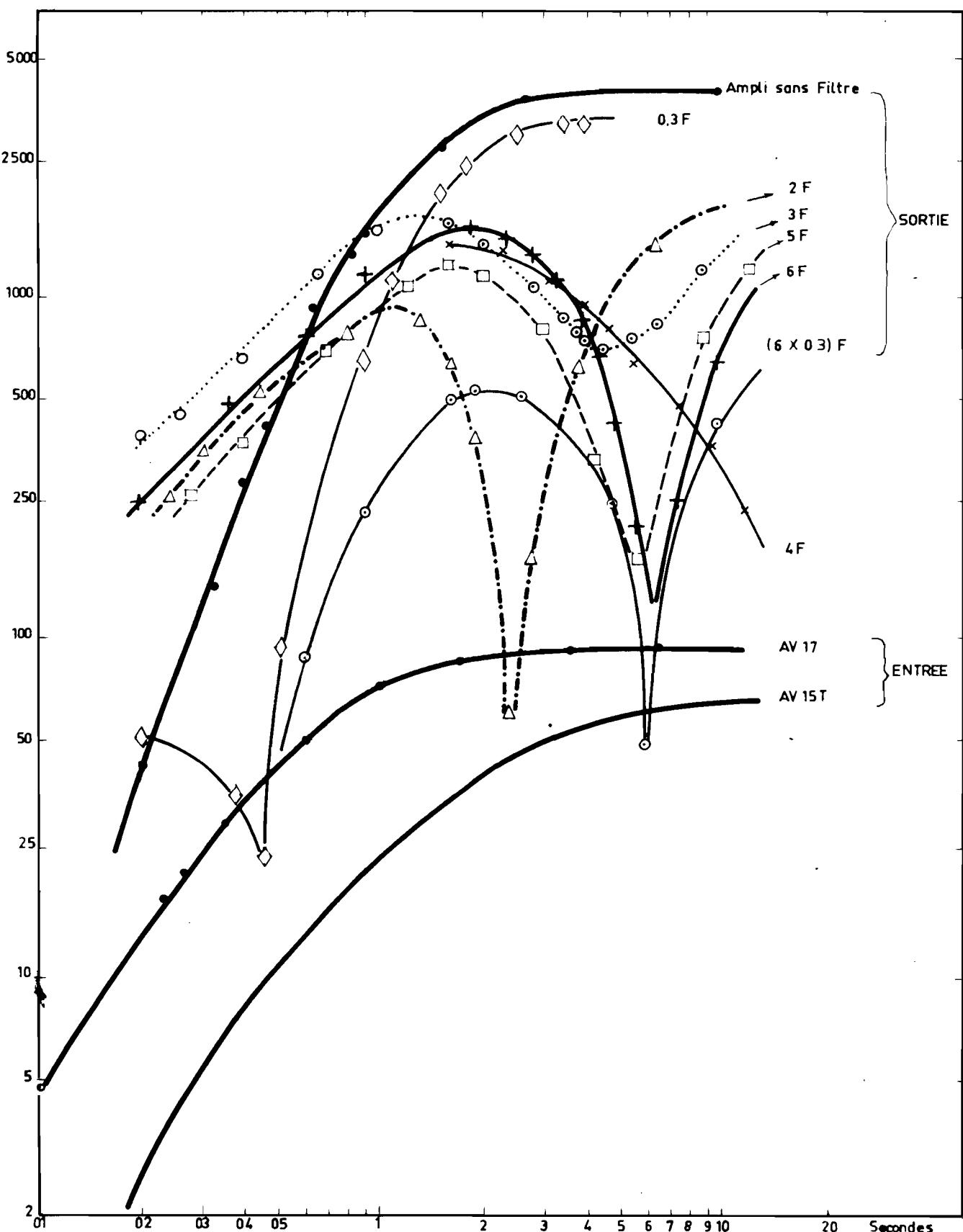
$$\text{Filtre } F_x - \text{fréquence éliminée} \quad f_x = \frac{1}{2\pi R_2 C_1} \text{ avec} \quad R_2 = 2R_1 \\ C_1 = \frac{C_2}{2}$$

Branchements extérieurs - EXEMPLE : utilisation des filtres FX et FZ

SA2 connecté à EX

SX connecté à EZ

COMM et SZ connectés aux bornes de G2



STATION VOLANTE - DETERMINATION DE LA COURBE DE REPONSE  
DES FILTRES

$$\text{Amplification } A = \frac{\text{Sortie}}{\text{Entrée}}$$

MAGNETISME

OBSERVATOIRE DE BANGUICENTRE O.R.S.T.O.M. DE BANGUINOTE SUR LES INSTALLATIONS DE L'OBSERVATOIRE MAGNETIQUEO.FAMBITAKOYEI)- INTRODUCTION GENERALE.

Avant le début de l'A.I.S.C., seuls marchaient à BANGUI les variomètres LACOUR pour les variations lentes du champ magnétique. Avec l'affectation en 1963 sur le Centre du Technicien Electronicien PERI-CHON nous avons pu réaliser des amplificateurs à cellule photo-résistantes pour l'enregistrement des variations rapides. La "Routine" du LACOUR, étant déjà établie ce sera surtout des installations des variations rapides qu'il sera question ici. Nous indiquerons néanmoins pour finir les constantes actuelles des variomètres lents ainsi que des considérations générales sur l'enregistrement des variations ultra-rapides (Perles).

II)- BARRES FLUXMETRES.Principe des mesures -

L'Observatoire Magnétique du Centre ORSTOM de BANGUI utilise pour l'enregistrement des variations rapides du champ magnétique terrestre trois barres fluxmètres "Selzer". La description de ces barres étant connue, nous n'y refiendrons pas.

Nous retiendrons seulement que ces barres constituent des capteurs de flux-magnétique à basse impédance (50 ohms environ) et doivent être fermées sur des galvanomètres fonctionnant en fluxmètres, la théorie montrant que de tels galvanomètres-fluxmètres donnent une déviation proportionnelle au champ et non à sa dérivée.

Une variation du champ magnétique suivant l'axe de la barre crée un courant induit, dans le circuit constitué par les spires et le galvanomètre. La force électromotrice apparue est proportionnelle à la dérivée du flux du champ à travers les spires.

On a la relation :

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

ou  $e = k \frac{dH}{dt}$  avec  $\Phi = nS.H$

La réponse de ce premier galvanomètre est amplifiée et envoyée sur un deuxième galvanomètre dont les déviations sont enregistrées photographiquement.

L'amplification utilisée est celle par cellule photo-résistante SEGOR, incorporée dans un pont.

### INSTALLATION.

I- On sait que pour l'enregistrement des pulsations moyennes périodes, on peut utiliser des galvanomètres KIPP A54 de période 10 secondes et possèdant deux cadres et deux shunts magnétiques. Ces galvanomètres connectés directement sur les barres-fluxmètres se sont montrés inaptes en zones équatoriales à cause des orages météo fréquents accompagnés d'atmosphériques extrêmement violents.

Nous avons donc préféré utiliser avec amplificateurs des galvanomètres immergés aussi sensibles que les A54 mais plus robustes et à période voisine de 10 secondes.

2- Trois types d'amplificateurs ont été successivement essayés (fig. 1, fig.2 et fig.3).

### CONSIDERATIONS GENERALES SUR CES AMPLIFICATEURS

Pour diminuer les risques de rupture du fil de suspension du cadre du galvanomètre une résistance additionnelle de 1.000 est incorporée dans le circuit du galvanomètre avant l'entrée de l'amplificateur.

Fig.1 - Cet amplificateur a donné de bons résultats et c'est lui que nous avons utilisé jusqu'en Octobre 1966. Mais pour éliminer les longues périodes qui se surimposent aux courtes périodes nous avons réalisé le montage de la fig.2.

Fig.2 - Ce type d'amplificateur avec contre-réaction de courant a été essayé pendant les mois de Mars - Avril 1966. Il donne également de bons résultats mais favorise de façon sélective les périodes de 10 à 15 secondes.

Fig.3 - Nous avons finalement adopté le troisième amplificateur qui semble réunir les qualités des fig. 1 et 2.

Il nous semble bon néanmoins d'indiquer que les deux piles situées dans les branches adjointes du pont doivent avoir les mêmes caractéristiques. C'est pour cette raison qu'une capacité est en série avec le galvanomètre d'enregistrement pour éliminer une composante contenue éventuelle. Un montage potentiométrique permet le réglage du gain. Après la sortie de l'amplificateur et pour toutes les barres nous avons adopté le montage de la fig.4 .

Les barres H et D sont installées dans des buses enterrées. La barre Z est seule dans un petit pavillon séparé. Une suspension élastique a été prévue dans chaque cas pour éliminer l'effet de micro-séismes.

La photo MI illustre dans l'ordre les réponses de ces 3 montages.

### ETALONNAGE.

Rappelons qu'on utilise un aimant auxiliaire dont la longueur est grande par rapport aux dimensions transversales, placé à une distance suffisante de la barre pour être assimilé à un doublet. Cet aimant se trouve, selon la barre en première ou deuxième position de Gauss.

En considérant le schéma de la fig.5, il est facile de montrer que :

$$H_t = \frac{m}{r^3} \sin \theta .$$

$$H_r = \frac{2m \cos \theta}{r^3} .$$

avec = 1 dans système d'unité CGS.

a) En B ou B' (1ère position de Gauss).

$$\text{on a : } H_t = 0 \text{ et } h_2 = H_1 = \frac{2m}{R^3} .$$

b) En A ou A' (2ème position de Gauss).

$$\text{on a : } H_t = 0 \text{ et } H_t = H_2 = \frac{m}{R^3} .$$

Pour les barres H et D, on se place en 1ère position de Gauss. On fait tourner l'aimant autour d'un axe perpendiculaire à son moment de façon à présenter successivement les pôles N et S à la barre. On crée une variation sinusoïdale du champ en fonction du temps dont les valeurs de crête sont :

$$+ \frac{2m}{R^3} \text{ et } - \frac{2m}{R^3} .$$

soit une variation totale de  $\frac{4m}{R^3}$ .

Pour Z on se place en deuxième position de Gauss. Il est clair que la variation du champ donnant l'amplitude crête à crête est:

$$\frac{2m}{R^3} \text{ puisque } H_1 = 2H_2 .$$

### AIMANT UTILISÉ

Nous avons utilisé l'aimant n°3 de la BMZ 67. Il est commode de prendre un aimant de BMZ parce qu'on en trouve à l'Observatoire et qu'on peut calculer son moment magnétique.

En effet cet aimant étant placé sur la BMZ correspondante crée une variation maximum de :

$$\frac{(chiffre en haut + 2010) - (chiffre en bas - 2004)}{4014} = \frac{16}{4014}$$

Cette variation du champ donnée par le constructeur peut être calculée par la formule :

$$H = \frac{4m}{a^3} (\alpha + \beta) 10^5$$

m représente le moment magnétique de l'aimant supplémentaire et a sa distance à l'aimant nomade, et sont des termes correcteurs pour toutes les BMZ,

$$\frac{4}{a^3} (\alpha + \beta) 10^5 \text{ est une constante égale à } 5,482.$$

$$\text{Dans notre cas (aimant 67/3) on a : } \frac{4m}{a^3} (\alpha + \beta) 10^5 = 4.014$$

$$\text{soit } m = \frac{4.014}{5,482} = 732 \text{ CGE.EM.}$$

### MANIPULATION.

L'aimant est entraîné par un moteur dont on règle la vitesse de rotation par un potentiomètre variable.

La distance de l'aimant au centre des barres est connue par des repères placés sur le terrain; actuellement un fil tendu horizontal matérialise soit l'axe de la barre (H et D) soit la perpendiculaire à l'axe de la barre (Z). Au cours de l'étalonnage on augmente l'intensité lumineuse et la vitesse de déroulement.

Après développement les amplitudes sont mesurées crête à crête (d en mm).

$$\text{On calcule } H_1 = \frac{4m}{r^3} \text{ et } H_2 = \frac{2m}{r^3} \text{ en.}$$

Les courbes de variation de la sensibilité  $\frac{H}{d}$  en  $\text{X/mm.}$

## COURANTS TELLURIQUES.

Nous enregistrons également sur la même bande de papier photo, les deux composantes EW et NS du courant tellurique en moyennes périodes.

### Principe -

Les prises telluriques sont reliées à un galvanomètre par l'intermédiaire de résistances et capacités choisies de manière à obtenir une large gamme de périodes. Les montages suivants ont été adoptés jusqu'en Octobre 1966, (fig.6 et fig.7).

A partir d'Octobre 1966, l'installation de la composante NS a été modifiée. En effet, au lieu de prises telluriques distances de 102 mètres et de résistances 150 ohms on a adopté des prises distances de 40 mètres et de résistances 950 ohms fermées sur un galvanomètre immergé. Ce nouveau montage est celui de la fig.8.

## ETALONNAGE

### Principe -

L'ensemble prises telluriques et champ électrique jouent vis-à-vis du dispositif d'enregistrement le rôle d'un générateur de courant de résistance équivalente à celle des prises de terre.

Un générateur TBF créera le champ électrique à mettre en série avec une résistance équivalente à celle des prises de terre! Par exemple pour la composante EW nous aurons les 3 schémas équivalents suivants : (fig.9, fig.10 et fig.11).

Si  $V$  en mv est la d.d.p. aux bornes des prises de terre et  $D$  km leur distance, le champ électrique en mv/km donné par la relation  $E = \frac{V}{D}$ .

Si  $d$  mm est le déplacement du spot sur l'enregistrement correspondant à une variation du champ électrique  $E$  la sensibilité  $S$  en MV/km/mm est donné par la relation  $S = \frac{E}{d}$

Nous joignons les courbes de sensibilités actuelles. On trouvera sur la photo M4 un exemple de réponse de l'ensemble barres-fluxmètres et prises telluriques. Les parasites que nous avons observé sur la composante NS ont disparu depuis qu'une seule phase du secteur alimente les bâtiments de l'Observatoire. En effet ces parasites étaient dus au déséquilibre des phases du secteur.

## MAGNETISME ULTRA-RAPIDE.

### Considérations générales -

Dès les premiers enregistrements des variations rapides, nous avions entrepris parallèlement à l'enregistrement des moyennes périodes celui des pulsations dites "Perles".

Sur le signal de sortie de l'amplificateur (pour les barres) ou des prises de terre (pour les courants telluriques) étaient montées en parallèle les moyennes périodes et les courtes périodes. Un suiveur de spot serait à l'enregistrement des perles.

Des courants parasites de très courtes périodes dues au secteur ont produit sur nos enregistrements des phénomènes de battements dont les trains avaient des périodes comprises entre 0,2 et 1 secondes.

Nous nous étions alors éloignés à 16 km de la station. Mais les conditions d'alimentation en courant électrique nous ont conduit à abandonner cette solution.

C'est alors qu'une station a été installée au sommet de la colline en face de la station avec une barre le bobinage a été fait localement et dont le noyau provenait d'une ancienne barre Selzer.

Nous donnons avec la courbe d'amplification le montage de Juillet à Novembre 1966.

## RESULTATS.

L'analyse des résultats montre une variation journalière importante du niveau du produit de fond.

Nous avons enregistré des pc de 10 à 15 secondes et plus. Par exemple sur la photo M2 on peut voir entre 08h40 et 08h47 des pc de 12 secondes.

## ETAT ACTUEL DU PROBLEME A BANGUI

Les câbles de liaison n'étant pas blindés, les coups de foudre nous ont fait abandonner les enregistrements au mois de Novembre 1966. De plus la surveillance était difficile à cause de la pente du terrain. Nous reprenons les enregistrements au pied de la colline, les parasites semblant avoir disparu depuis qu'une seule phase alimente les caves.

Un amplificateur sélectif a été construit. Les courtes périodes ont été éliminées, par des filtres. Sur la fig.12 nous avons groupé le montage tel qu'il a fonctionné au laboratoire, le galvanomètre A23 donnant les courtes périodes et l'AOIP, les moyennes périodes.

C'est le montage avec le galvanomètre A23 qui fonctionnera avant la fin du mois de Mars. Nous pensons, après l'élimination des atmosphériques par filtres, que sans une absorption très grande dans l'ionosphère équatoriale, les perles de grande énergie devraient être captée.

### MAGNETISME LENT.

La station magnétique de BANGUI est équipée pour l'enregistrement des variations lentes d'un jeu de variomètres LACOUR à savoir:

1/- Le déclinomètre "de copenhague" sensible aux variations de la déclinaison (D). Il se compose d'un petit aimant orienté dans le méridien magnétique et suspendu à un fil de quartz très fin, pratiquement sans torsion.

2/- Le H. mètre dans lequel les variations de la composante horizontale (H) font dévier un aimant maintenu dans la position EST-OUEST par torsion d'un fil de quartz.

3/- La balance de Godhavn, sensible aux variations de la composante verticale (Z) qui font osciller un aimant horizontal reposant, par des couteaux sur des plans d'agate.

Les variations de ces trois composantes H, D et Z sont amplifiées par un système optique et enregistrées sur un tambour portant un papier photographique. Ce tambour entraîné par un mouvement d'horlogerie fait un tour en 24 heures. On obtient ainsi 3 courbes journalières sur le même magnétogramme. (Photo M3).

Des mesures absolues exécutées chaque semaine permettent de graduer les variomètres et de mesurer leurs dérives éventuelles. On utilise la théodolite Chasselon n° 202 pour mesure de D; les QHM 248 et QHN 249 (balances magnétiques danoises) pour la mesure de H; la BMZ n° 67 pour la détermination de Z.

Un étalonnage hebdomadaire permet le contrôle de la sensibilité des appareils.

Les valeurs moyennes d'échelle actuelle sont :

2,39  $\lambda$  /mm pour le H - mètre.

2,25  $\lambda$  /mm pour le Z - mètre.

0,59' /mm pour le D - mètre.

- Nous établissons à BANGUI les tableaux des valeurs horaires des 3 éléments H, D et Z et un bulletin magnétique mensuel avec l'ensemble des phénomènes magnétiques lents et rapides.-

Fig: 1

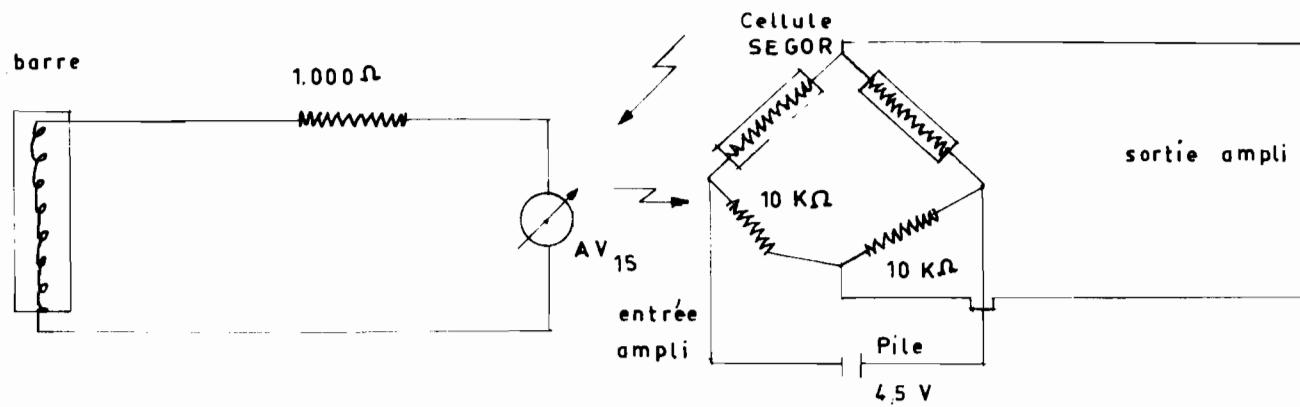
Barres - Flumètres

Fig: 2

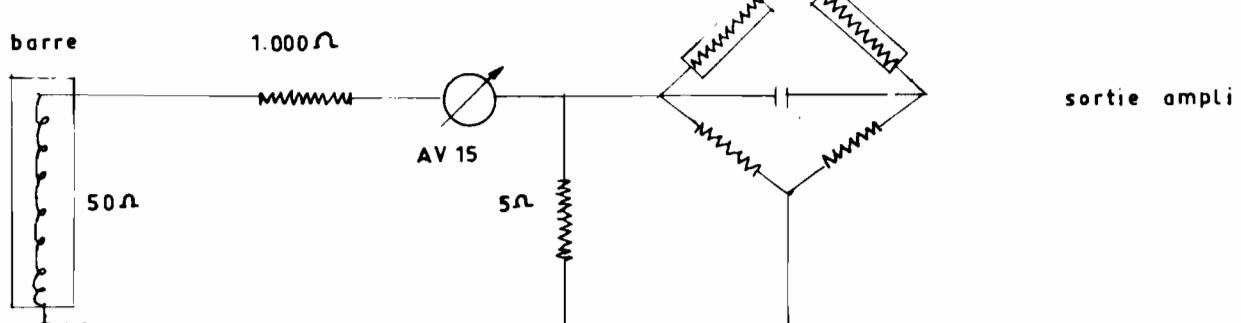


Fig: 3

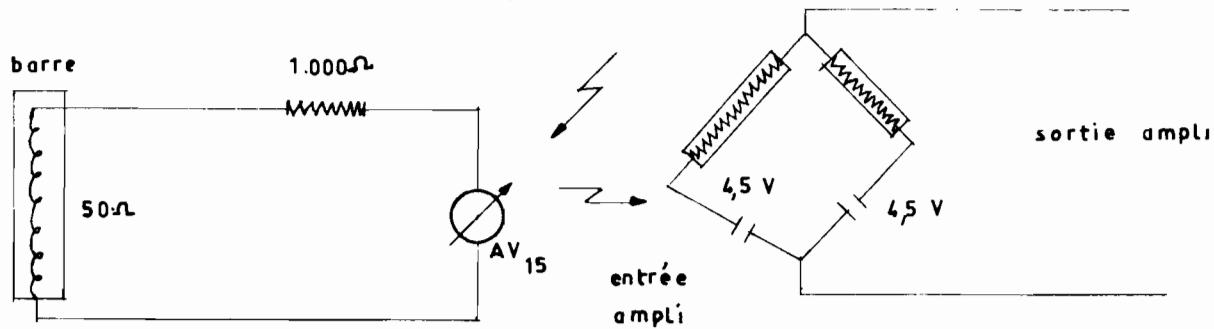


Fig: 4

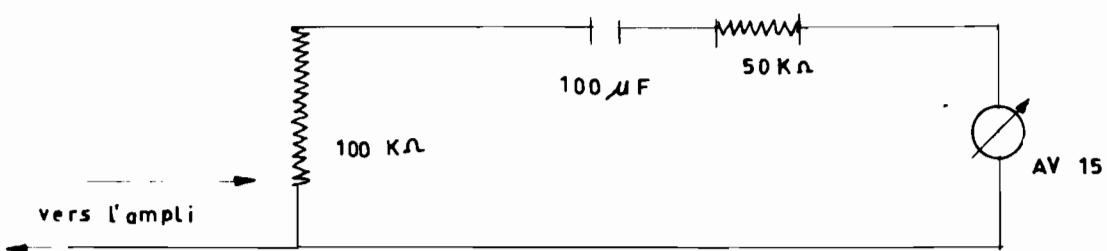
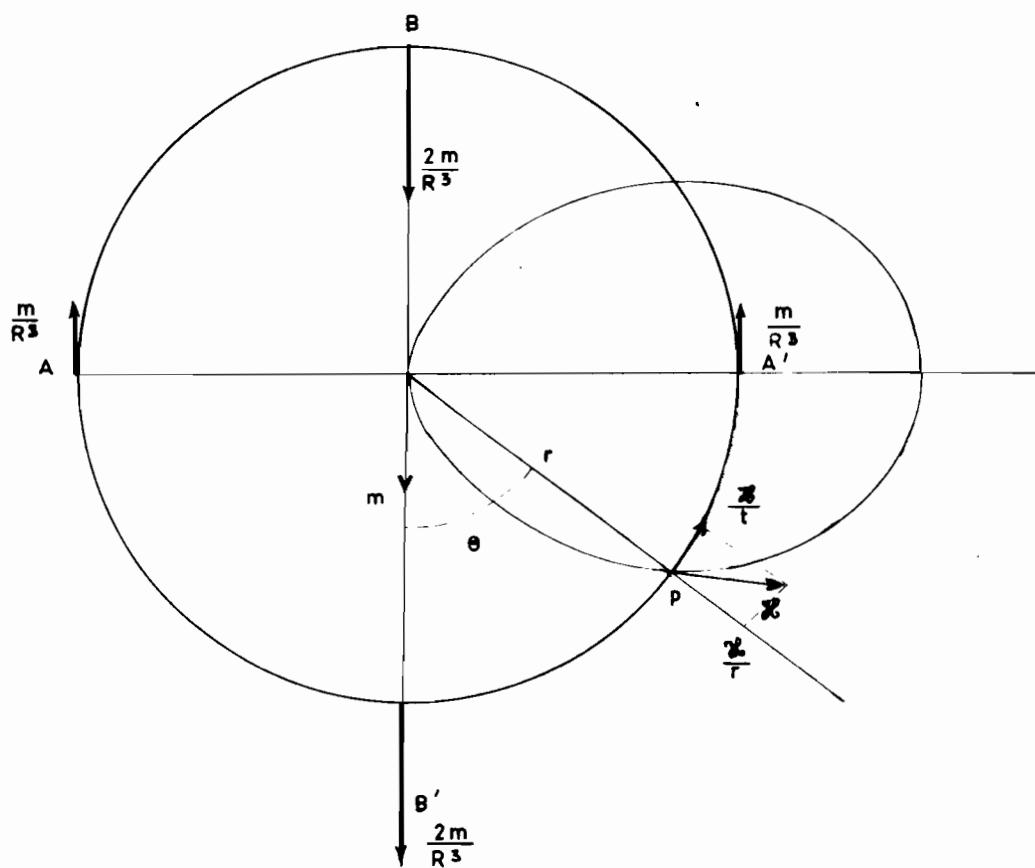
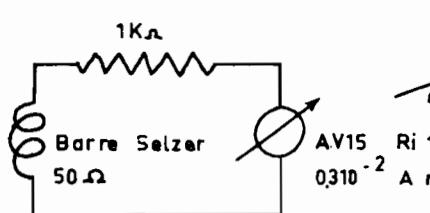


Fig. 5

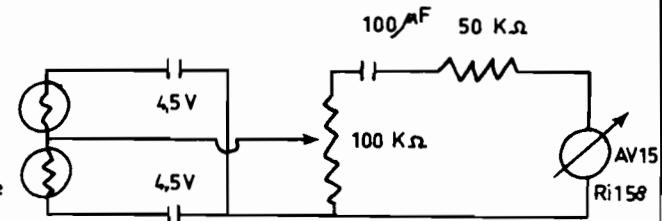
- Champ d'un dipôle
- Positions de gauss



## BARRE H

courbe  $m\gamma/\text{mm}$  et  $\text{mm}/m\gamma$ 

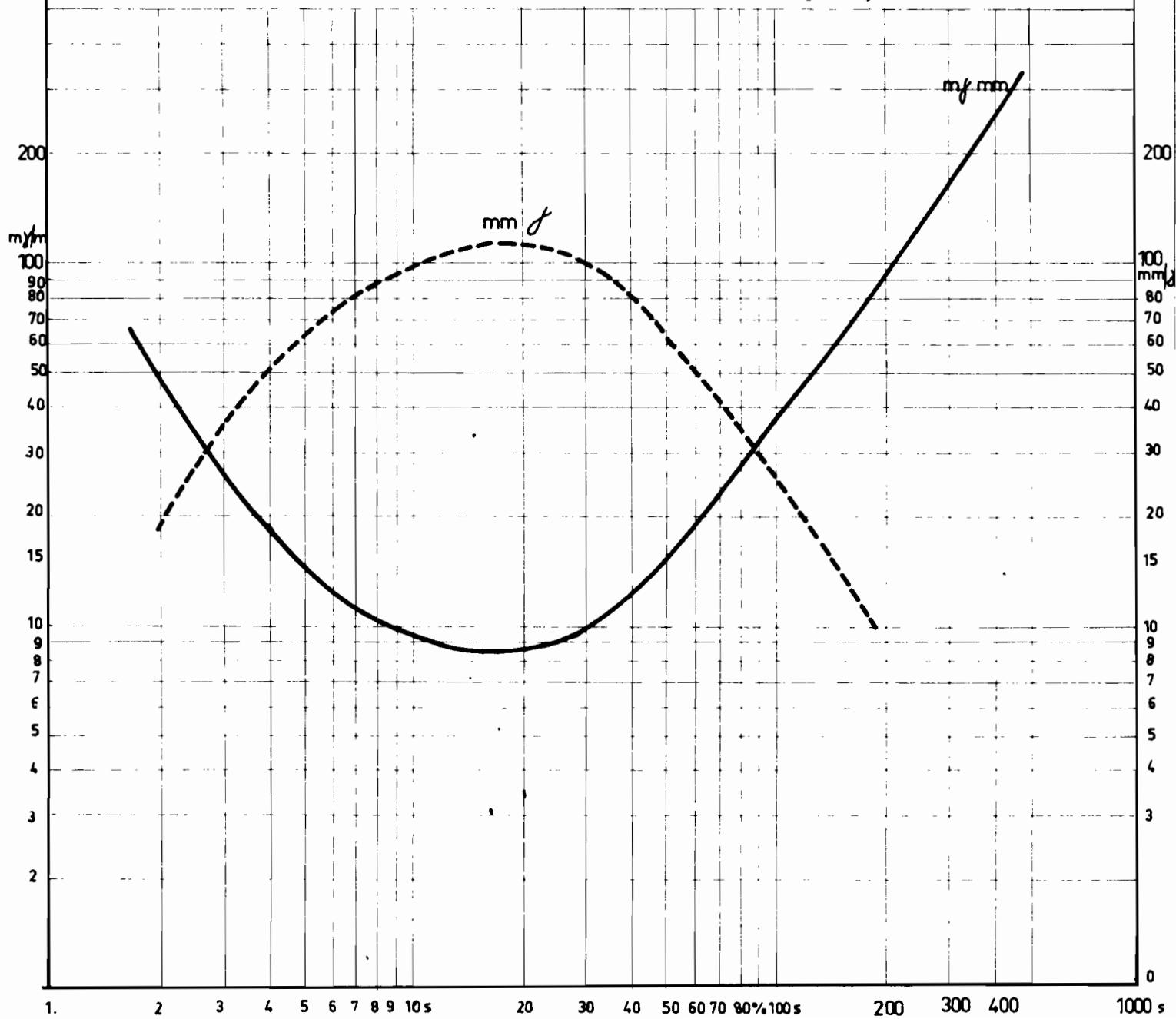
N° 11556

Circuit d'entrée

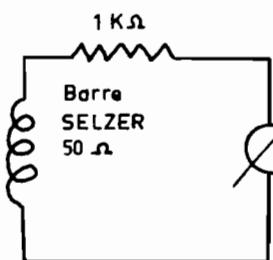
N° 18337

SEGOR  
1831 SAmplification à cellule

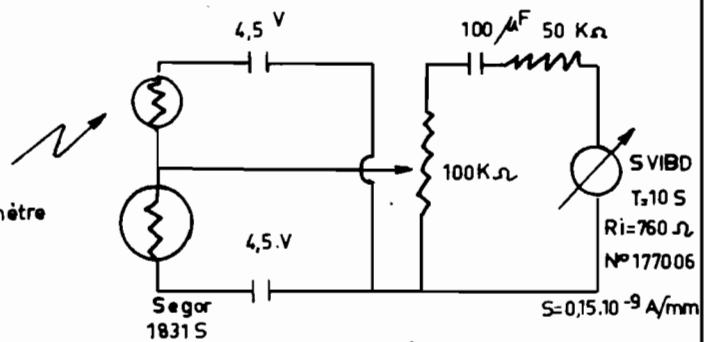
gain moyen 1000



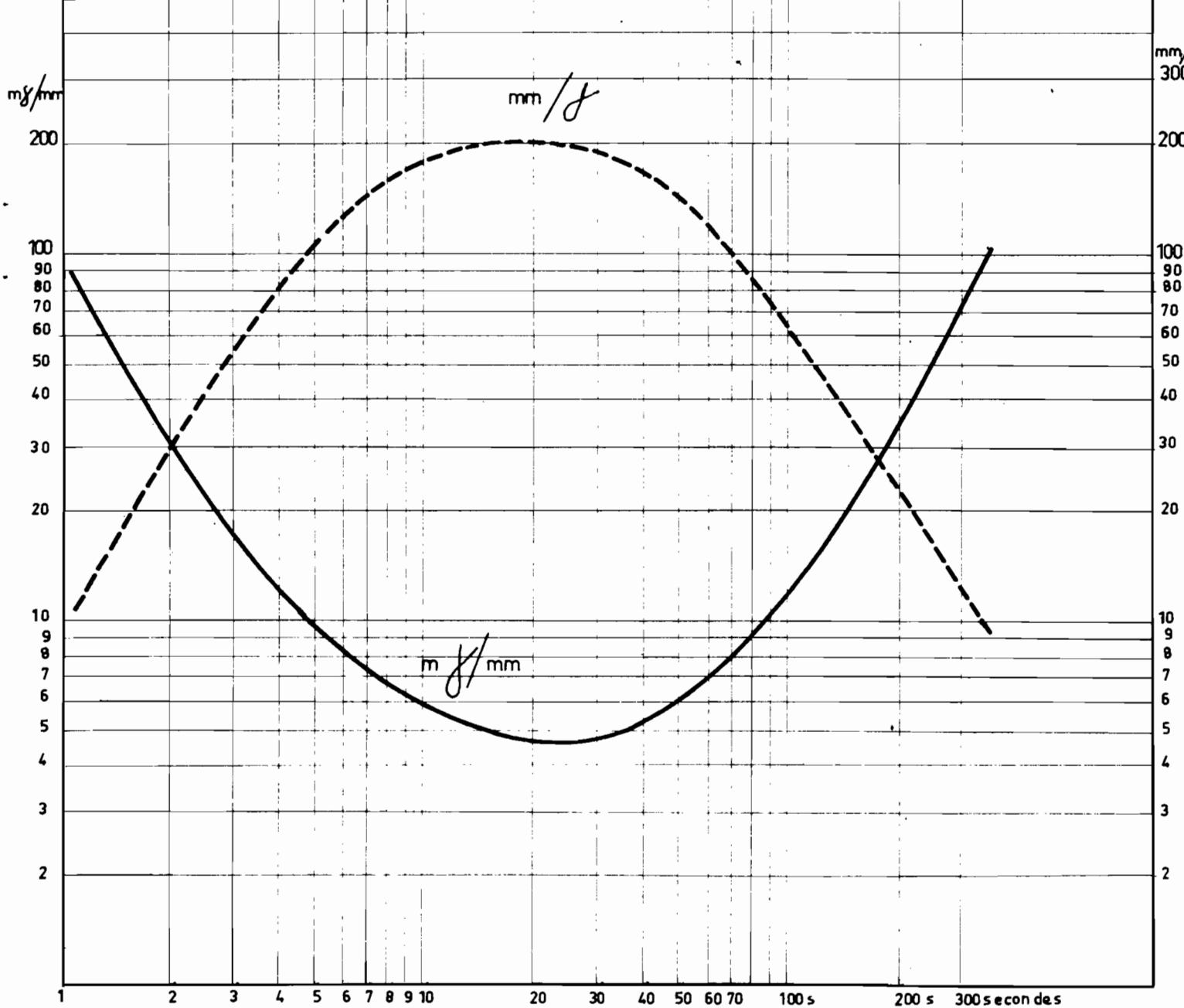
## BARRE D

courbe  $m\delta/\text{mm}$  et  $\text{mm}/\delta$ 

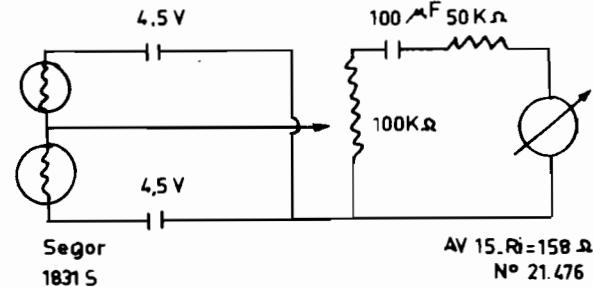
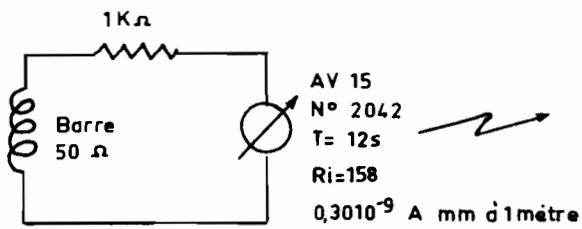
AV 15  
N° 2142  
 $R_i = 159\Omega$   
 $T_s = 12\text{ s}$   
 $S = 0,31 \cdot 10^{-9} \text{ A/mm à 1 mètre}$

Circuit d'entréeAmplification à cellule

Gain moyen 1.000



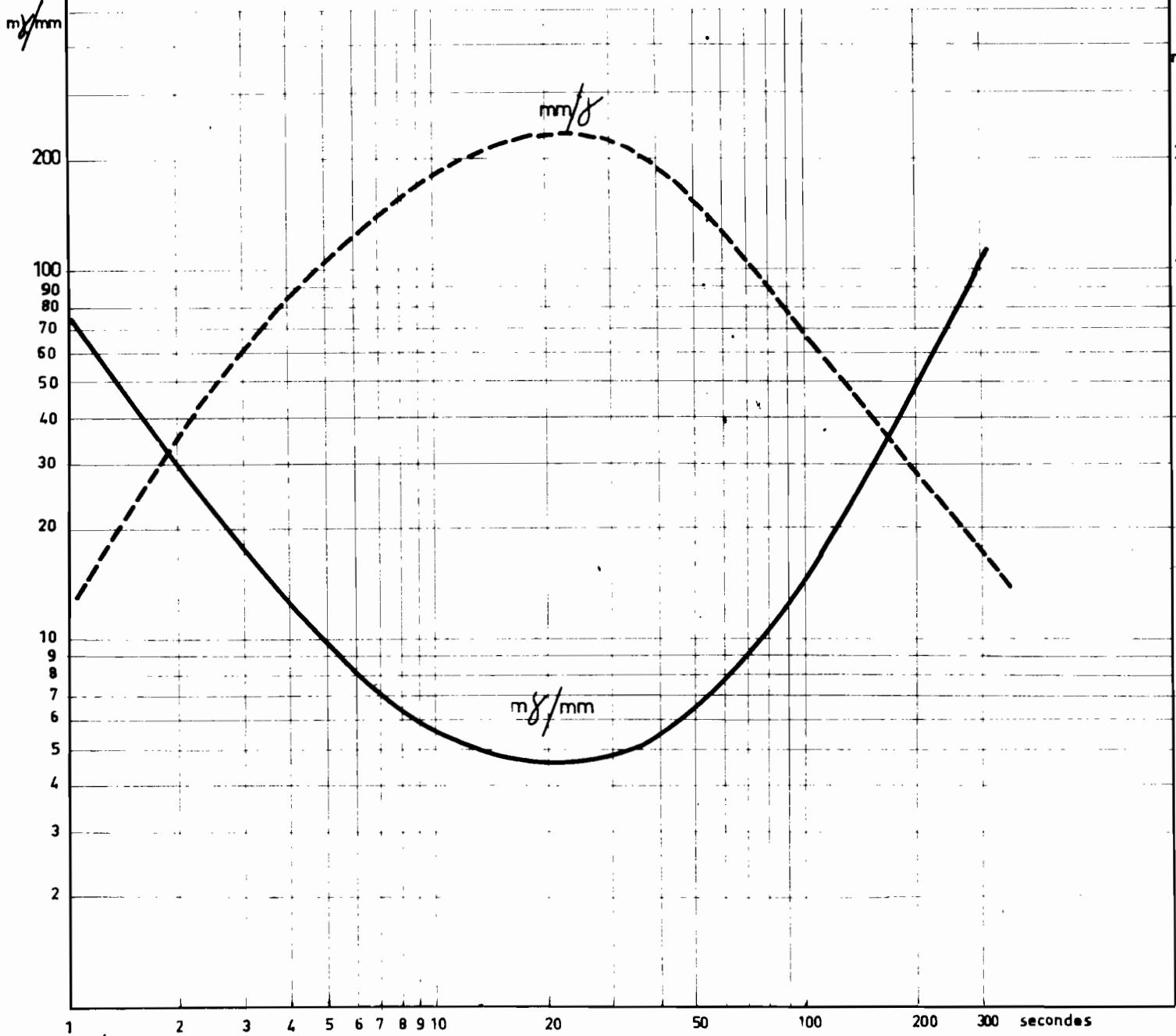
**BARRE Z** - courbe  $\text{mJ/mm}$  et  $\text{mm/J}$



Circuit d'entrée

Amplification à cellule

Gain moyen 1000

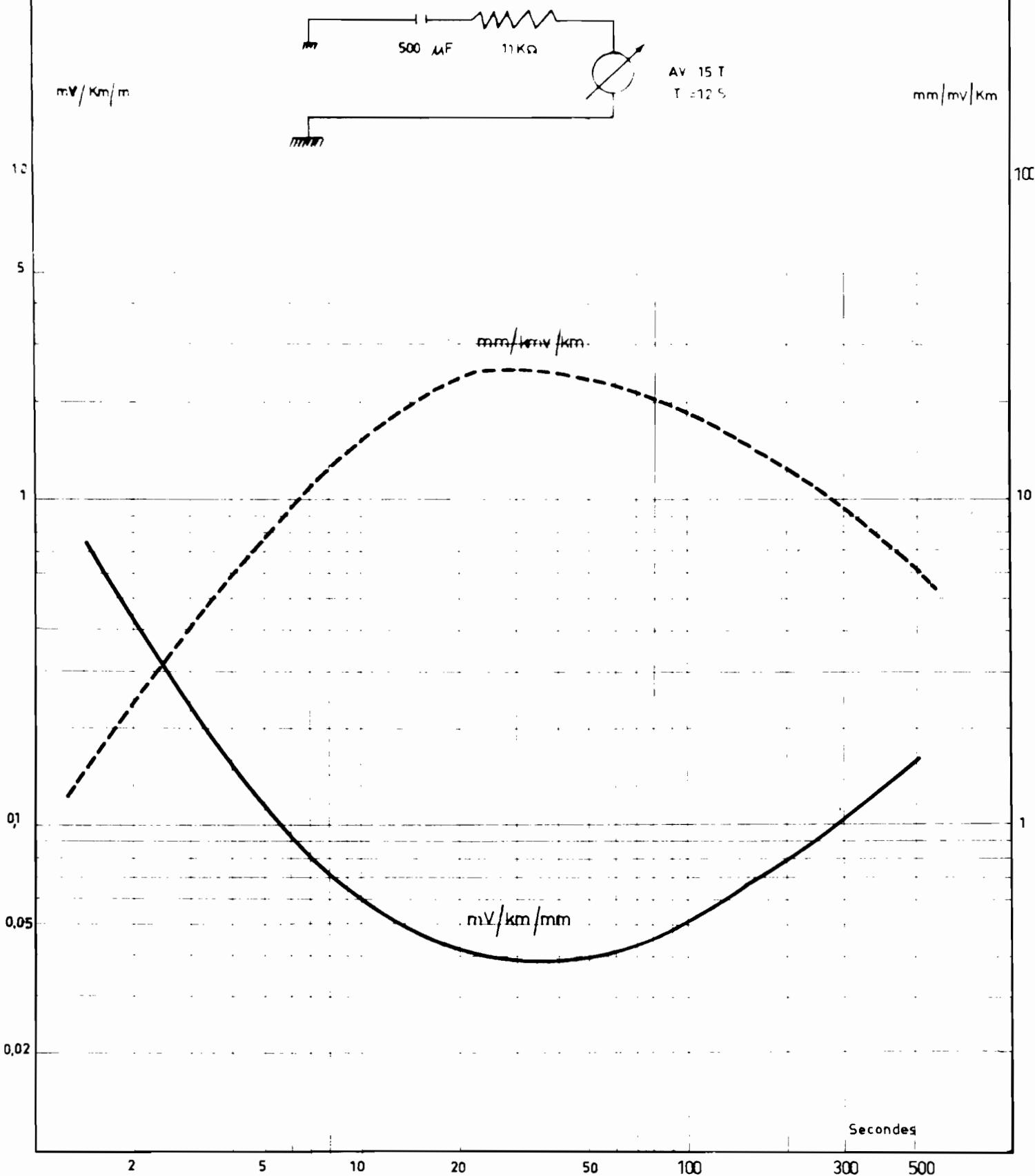


# Courant Tellurique

N

Résistance Prises de terre =  $950 \Omega$

Résistance entre prises de terre 40 mètres



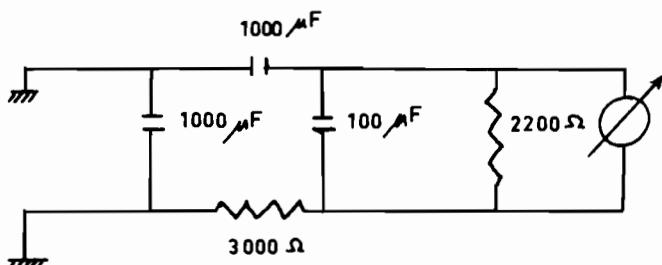
Courant Tellurique

E

1964 - 1967

$R$  prises de terre =  $150 \Omega$

Distance entre prises de terre 102 mètres



AOP 6M49  
13 s

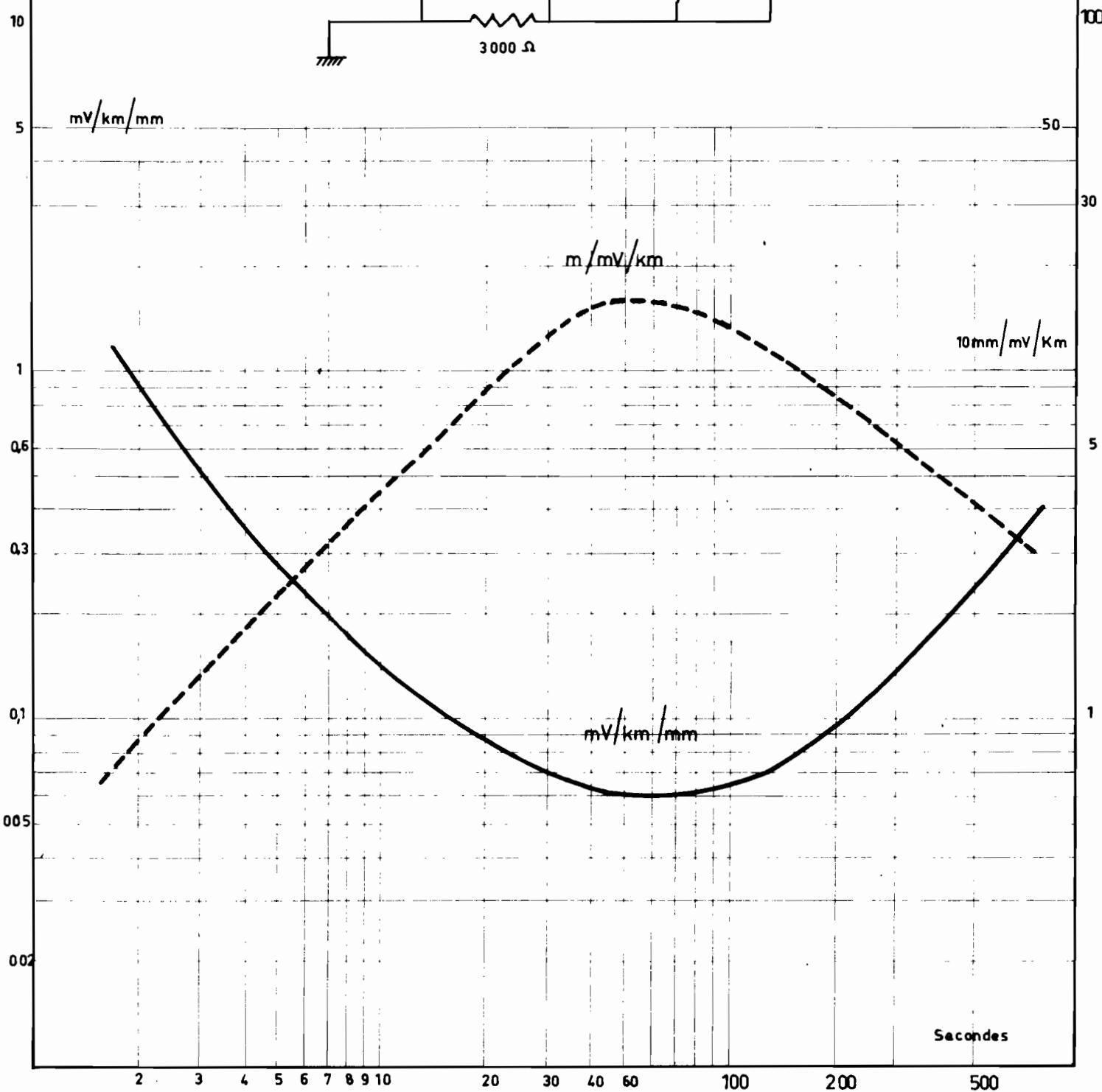
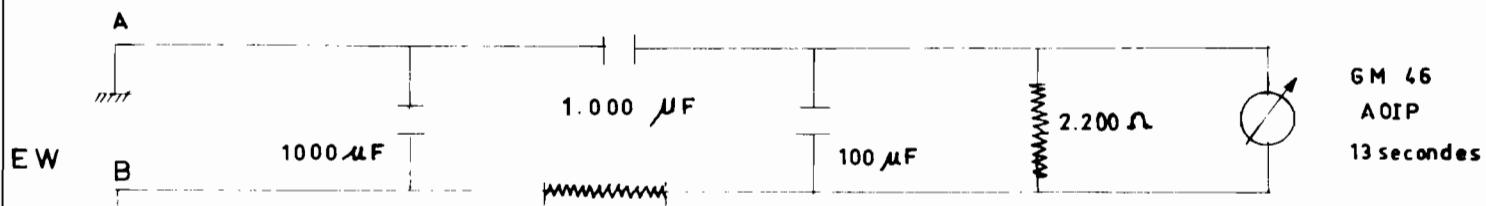


Fig. 6

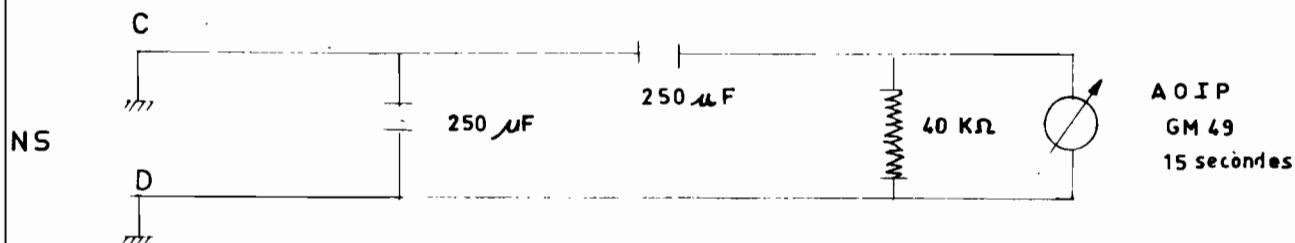
Courants Telluriques

GM 46  
AOIP  
13 secondes

$$AB = 102 \text{ mètres}$$

$$R = 150 \Omega$$

Fig. 7

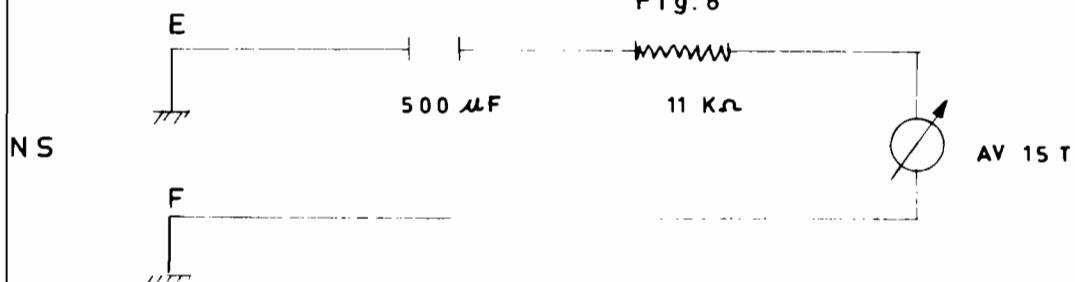


AOIP  
GM 49  
15 secondes

$$CD = 112 \text{ mètres}$$

$$R = 150 \Omega$$

Fig. 8



AV 15 T

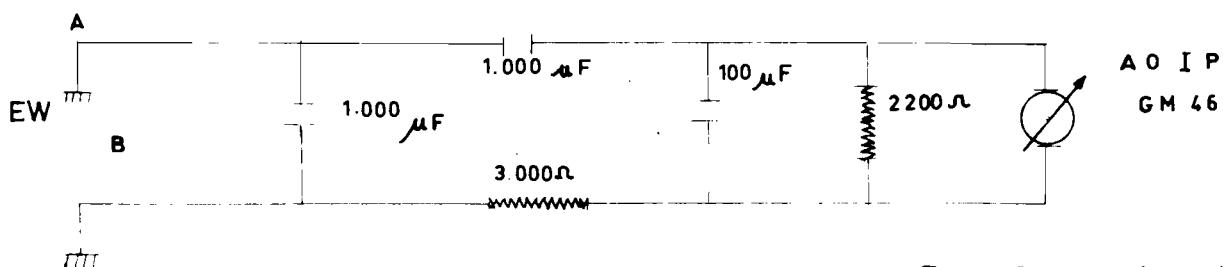
$$EF = 40 \text{ mètres}$$

$$R = 950 \Omega$$

Fig. 9

Courants Telluriques  
Etallonnage

Dispositif d'enregistrement réel



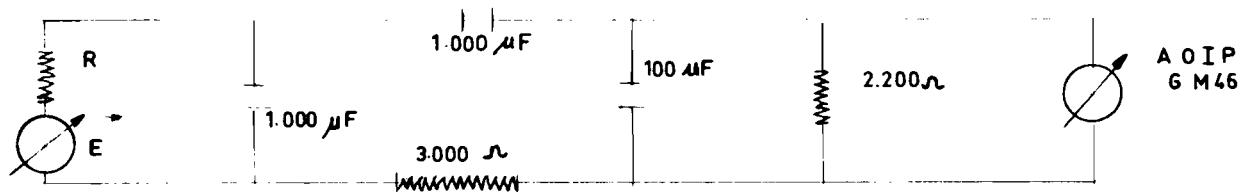
E : Champ électrique entre A et B

R : Resistance des prises

D : Distance AB

Fig. 10

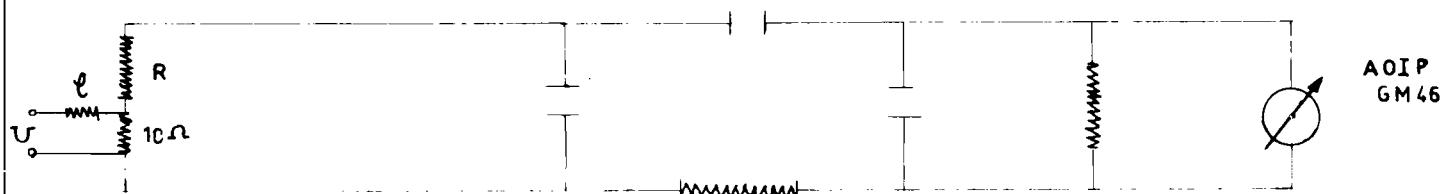
Schema Théorique équivalent à la fig. 9



E : Champ d'un générateur de resistance R.

Fig. 11

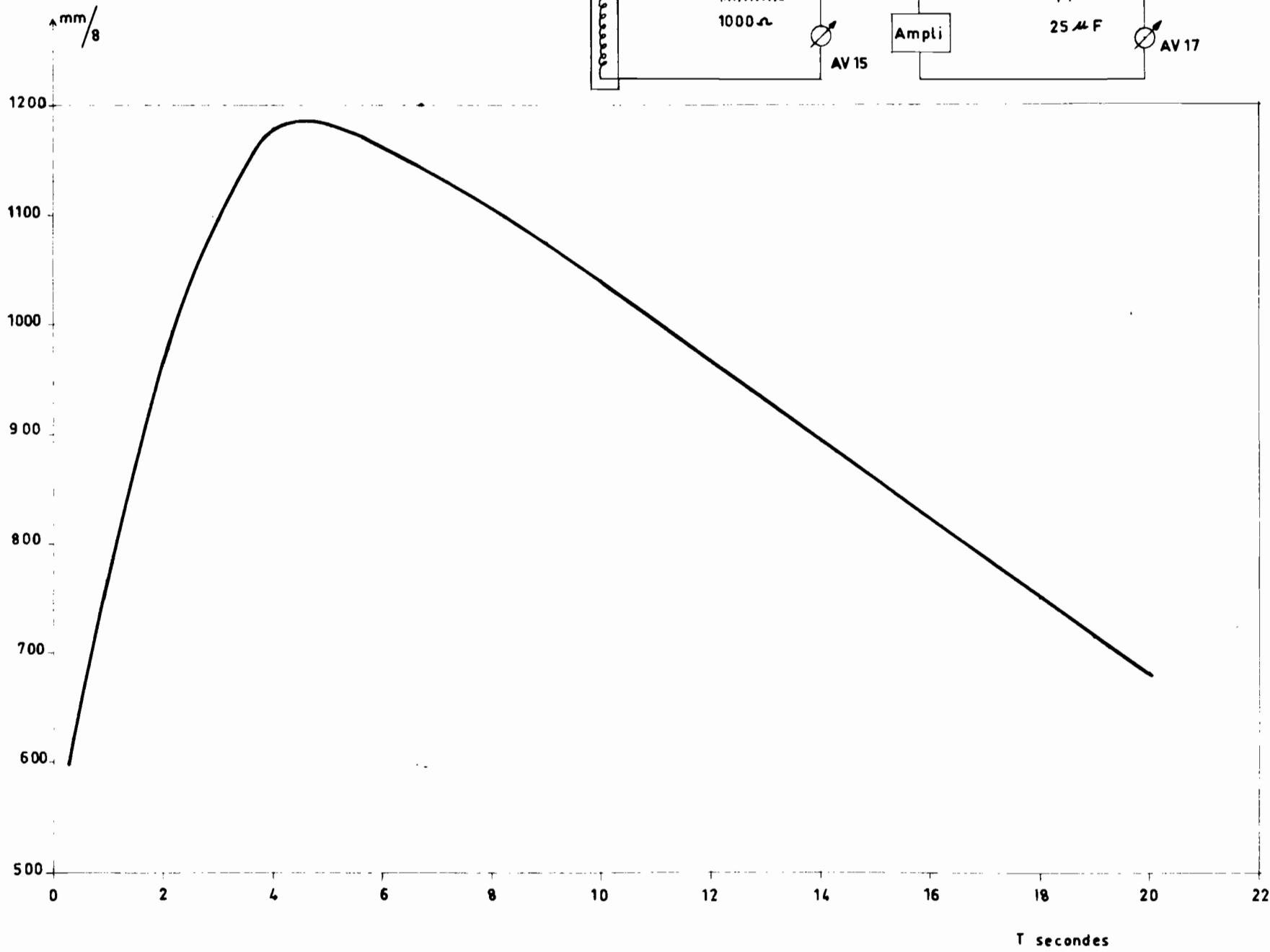
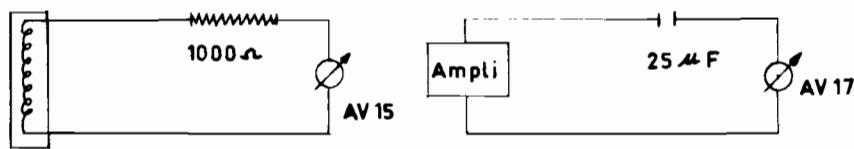
Dispositif réel pour l'étalonnage

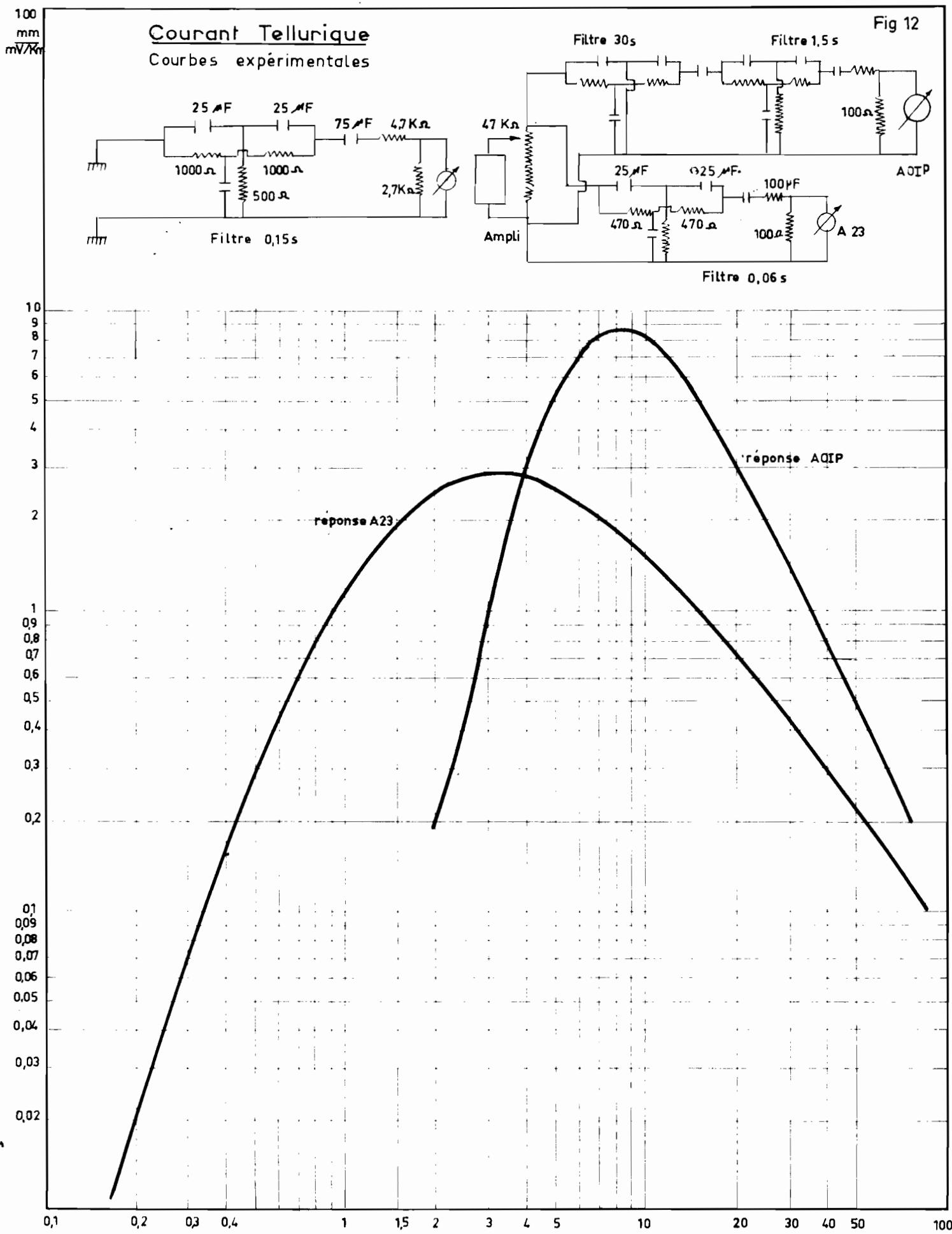


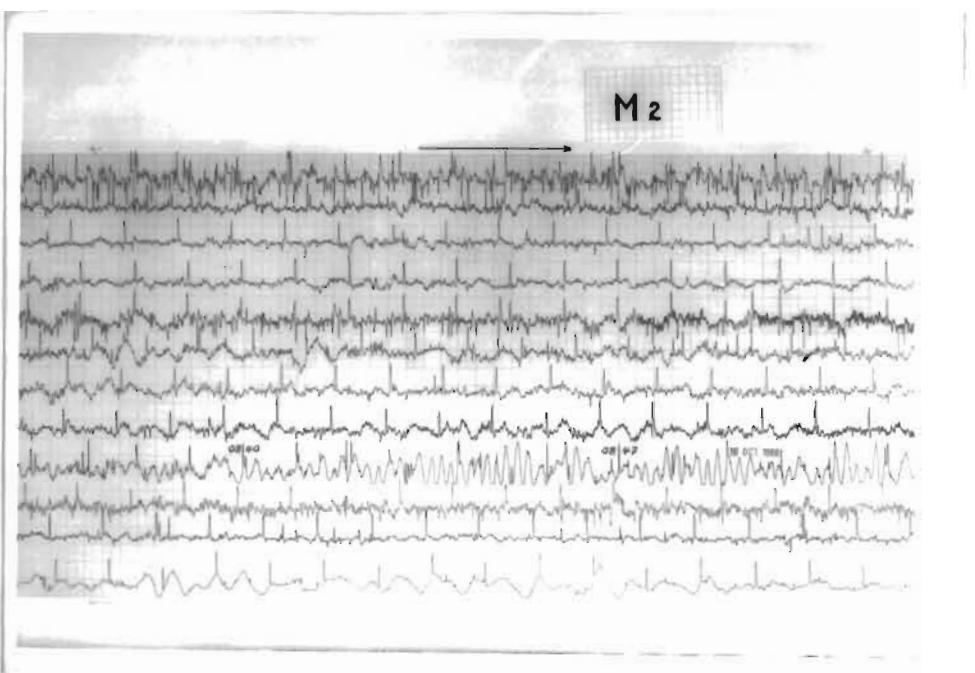
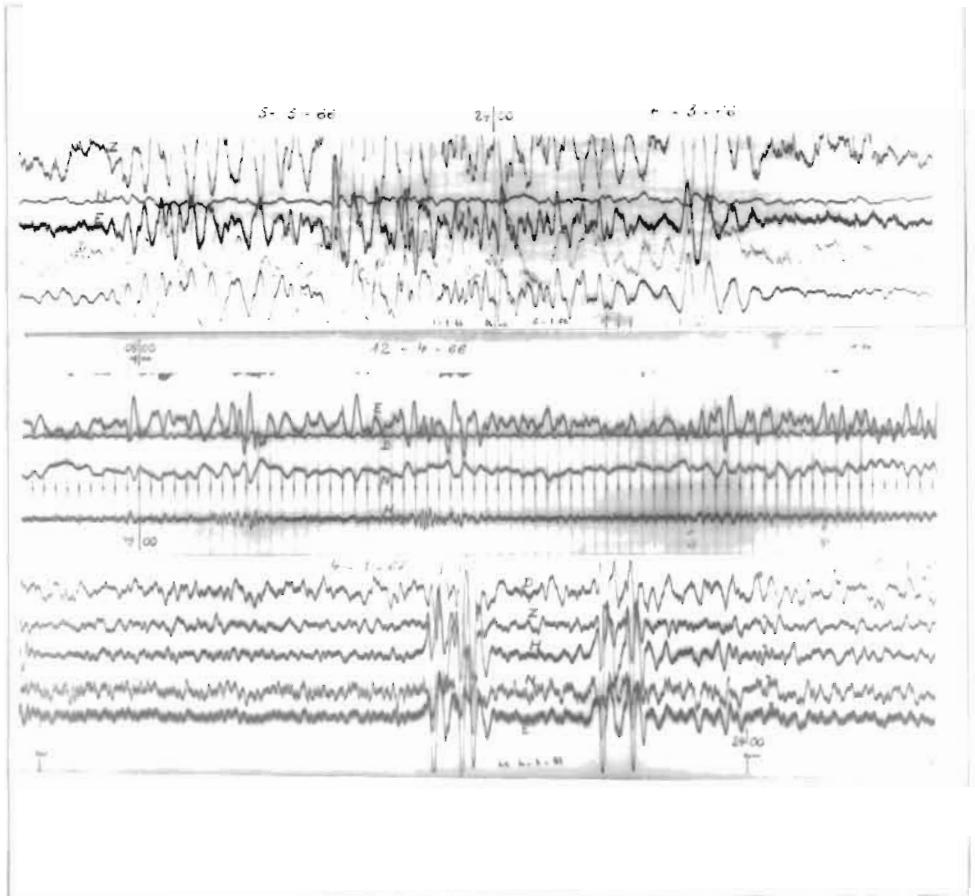
$$U_{AB} \approx U \times \frac{10}{\rho} \quad \text{avec } \rho \gg 10\Omega$$

$$A_{AB} = \frac{U_{AB}}{AB}$$

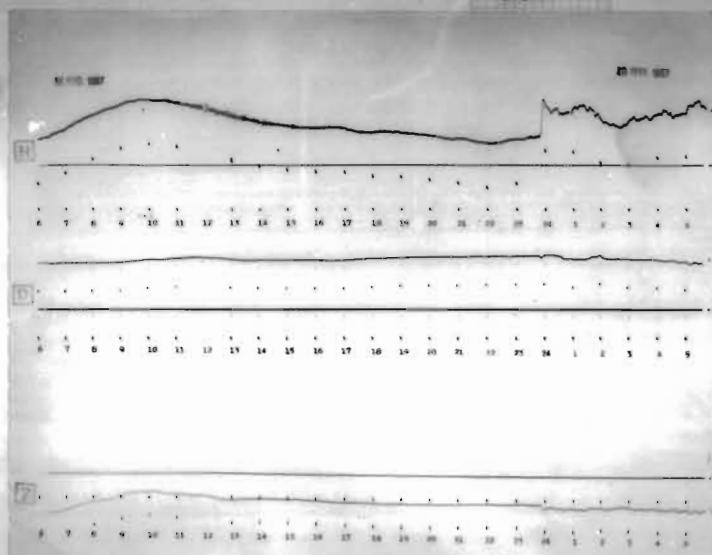
Magnétisme - colline  
Juillet à Novembre 1965







M 3



M 4

