

Laboratoire de GÉOPHYSIQUE
Services Scientifiques Centraux - Bondy

R. GODIVIER
G. DUMONT

- 1 - Régulateur de tension continue _____ p. 2
2 - Régulateur d'un moteur de sismographe ___ p. 8

Jullet 1967

GÉOPHYSIQUE



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER



LABORATOIRE DE GEOPHYSIQUE

O.R.S.T.O.M.

PARIS

1 9 6 7

R E G U L A T E U R D E T E N S I O N

C O N T I N U E

REGULATEUR DE TENSION CONTINUE

1. GENERALITES.

L'appareil réalisé au laboratoire de Bondy est destiné à réguler et ajuster la tension délivrée par une batterie lorsqu'on désire alimenter un dispositif exigeant une tension particulièrement stable. C'est le cas notamment des lampes utilisées dans les enregistrements photographiques dont la qualité dépend étroitement de la stabilité de la tension aux bornes de la lampe.

La stabilité est assez bonne lorsque la batterie, alimentée par un chargeur est utilisée en tampon. Il n'en est plus de même si la batterie n'est plus rechargée continuellement. Pour peu que la consommation de la lampe soit élevée ou l'enregistrement de longue durée, la tension de la batterie diminue sensiblement et le papier photographique ou le film est sous-exposé.

2. PRINCIPE (Figure 1).

2.1. Ajustage de la tension.

Pour une tension d'alimentation V_E donnée, on peut régler la tension de sortie V_S en agissant sur le potentiomètre R_S - On prélève une fraction k de la tension de sortie V_S de sorte que la tension Emetteur base est égale à :

$$V_{BE} = k V_S - V_Z$$

V_Z étant la tension de référence donnée par une diode Zenner.

Lorsqu'on augmente la tension prélevée, V_{BE} augmente ainsi que le courant collec-

teur du transistor T. L'augmentation de courant entraîne une chute de tension dans la résistance R. Par suite, la tension émetteur base du transistor T' augmente ainsi que le courant et la tension de sortie.

2.2. Régulation.

Supposons maintenant l'appareil ajusté pour délivrer une tension de sortie V_S donnée. Examinons quelle variation de tension de sortie ΔV_S entraîne une variation ΔV_E de la tension d'alimentation. On peut définir un facteur de stabilité

$$S = \frac{\Delta V_S}{\Delta V_E}$$

Le transistor T se comporte comme un générateur de courant parfait si bien que le potentiel du point C est constant et qu'une variation de tension ΔV_E se retrouve aux bornes de la résistance R parcourue par un courant I.

$$\Delta V_E = R \cdot \Delta I \quad (1)$$

D'autre part

$$\Delta I = \Delta I'_B + \Delta I_C \quad (2)$$

Evaluons les variations de courant I'_B et I_C .

Si le transistor T' a un gain en courant (émetteur commun) β' , on a, en désignant par I_S le courant de sortie

$$\Delta I'_B = \frac{\Delta I_S}{\beta'}$$

R_S étant la résistance de sortie, on a :

$$\Delta I'_B = \frac{\Delta V_S}{\beta' R_S} \quad (3)$$

ΔI_C est le courant collecteur du transistor T. Si p est la pente du transistor, on peut écrire :

$$p = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{BE}} \quad (4)$$

or $V_{BE} = k V_S - V_Z$

d'où $\Delta V_{BE} = k \cdot \Delta V_S - \Delta V_Z$

Remplaçons dans l'équation 4 ΔV_{BE} par sa valeur, il vient :

$$\Delta I_C = p (k \cdot \Delta V_S - \Delta V_Z) \quad (5)$$

Portons les valeurs de ΔI_B et ΔI_C dans les équations 1 et 2, on trouve :

$$\Delta V_E = \left[\frac{\Delta V_S}{\beta' R_S} + p k \Delta V_S - p \Delta V_Z \right]$$

$$R \left[\frac{1}{\beta' R_S} + p k \right] \Delta V_S = \left[1 + \frac{p R \Delta V_Z}{\Delta V_E} \right] \Delta V_E$$

d'où

$$S = \frac{1 + \frac{p R \Delta V_Z}{\Delta V_E}}{\frac{R}{\beta' R_S} + p k R} \quad (6)$$

Pour obtenir un ordre de grandeur de S, faisons une application numérique en adoptant, pour les différents paramètres les valeurs suivantes :

$$p = 1 \quad R_S = 100 \quad k = 0,5$$

$$R = 500 \quad \beta' = 100 \quad \frac{\Delta V_Z}{\Delta V_E} = \frac{1}{50}$$

On obtient :

$$S = \frac{1 + \frac{500}{50}}{\frac{1}{20} + 250} = \frac{11}{250} = \frac{1}{25}$$

On constate que le transistor T' n'influe pas sur la régulation et la formule 6 peut être simplifiée :

$$S = \frac{\Delta V_Z}{\Delta V_E}$$

d'où $\Delta V_S = \frac{\Delta V_Z}{k}$

La variation de la tension de sortie ne dépend pratiquement que de la variation de la tension Zenner et de la fraction de tension prélevée pour la régulation.

L'expérience confirme bien ces résultats. Le graphique de la figure 3 donne les variations de la tension de sortie en fonction de la tension d'alimentation. On constate par exemple que

$$V_S = 3,92 \text{ volts pour } V_E = 10 \text{ volts}$$

$$\text{et } V_S = 4,00 \text{ volts pour } V_E = 12 \text{ volts}$$

$$\text{soit une variation de } \frac{0,08}{2} = \frac{1}{25}$$

Deux diodes Zenner ont été utilisées. La régulation est un peu moins bonne avec une diode de 4 volts (courbes en traits pleins) qu'avec une diode de 8 volts (courbes en pointillés).

Lorsque la tension de sortie désirée est plus élevée, la régulation devient médiocre pour ne pas dire inexistante. Cela tient au fait que lorsque $V_E - V_S$ tombe au-dessous d'une certaine valeur, le transistor T' est saturé. Dans ces conditions, le courant de sortie ne dépend plus du courant base (et par conséquent n'est plus régulé) mais de la tension d'alimentation et de la charge. On a alors : $\Delta V_S \sim \Delta V_E$.

3. REALISATION (Figure 2).

On a voulu réaliser un appareil dont la sortie délivre un courant maximum de 6 Ampères sous une tension de 3 à 8 volts. Or, les diodes Zenner disponibles ont une tension minimum de 4 volts d'où la nécessité d'un montage potentiométrique aux bornes de la diode.

La tension de référence est alors :

$$V_{\text{Réf.}} = V_Z \cdot \frac{R_4}{R_3} - V_{BE}$$

C'est une constante puisque V_Z et V_{BE} sont constants.

Le transistor ballast T' est constitué par 3 transistors T_3 , T_4 et T_5 . Les deux derniers, montés en parallèle, peuvent débiter 6 Ampères. Le transistor T_3 dit driver fournit à T_4 et T_5 la puissance nécessaire sans perturber la régulation.

Les embases des transistors de puissance T_4 et T_5 , préalablement enduites de graisse silicone sont fixés sur une plaque de cuivre noirci. La dissipation de la chaleur est ainsi améliorée.

Régulateur de tension continue

Figure :1

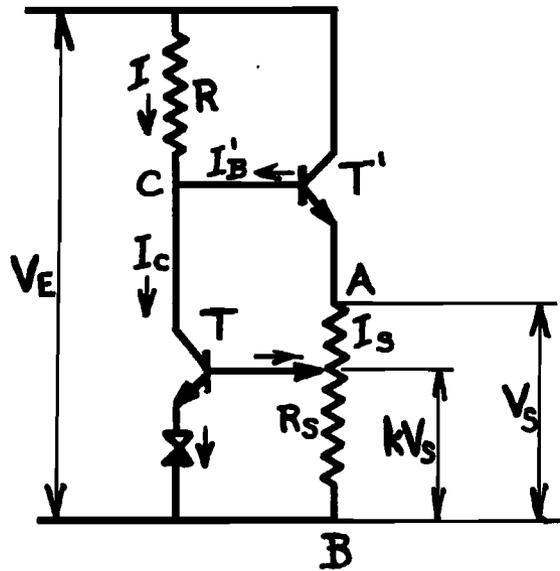
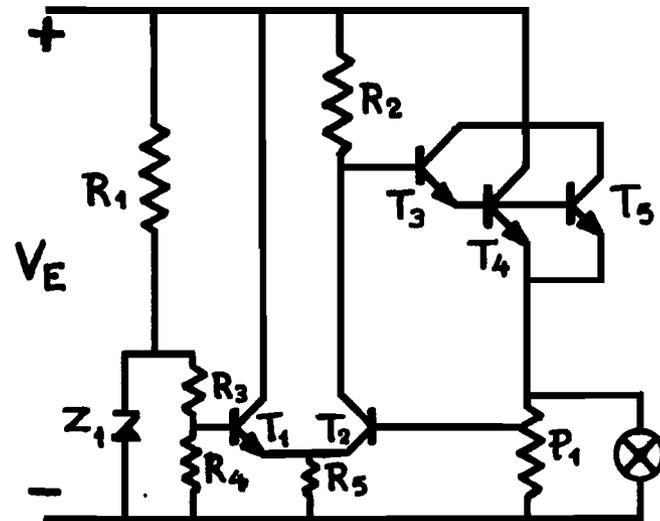


Figure :2



$$R_1 = 200 \Omega$$

$$R_2 = 510 \Omega$$

$$R_3 = 510 \Omega$$

$$R_4 = 510 \Omega // 2,7 k \Omega$$

$$R_5 = 60 \Omega$$

$$P_1 = 100 \Omega$$

$$Z_1 = 108 Z_4$$

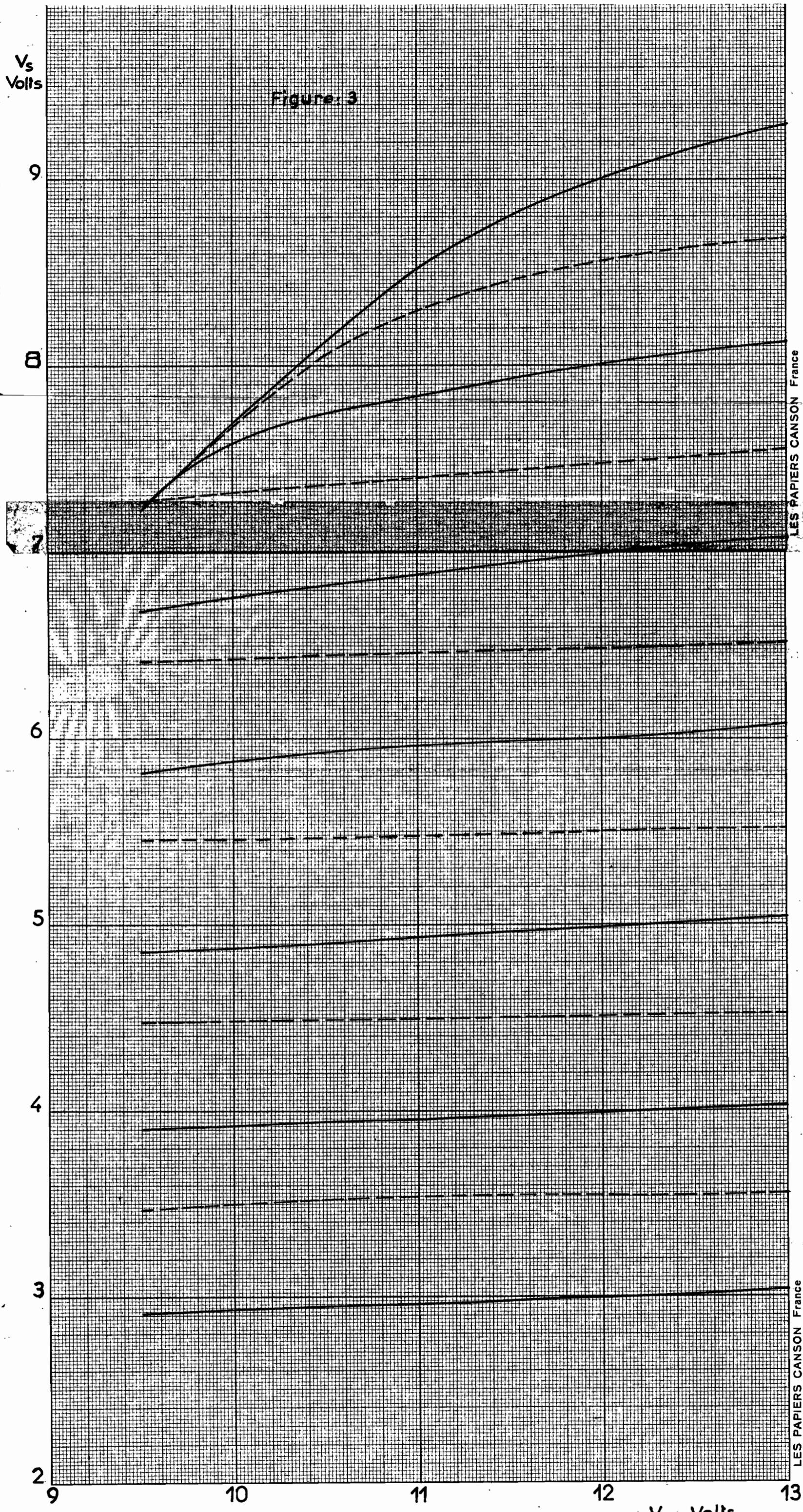
$$T_1, T_2 : 2N2192$$

$$T_3 : 2N2197$$

$$T_4, T_5 : 100T2$$

V_s
Volts

Figure 3



RÉGULATION D'UN MOTEUR
DE SISMOGRAPHE

REGULATION D'UN MOTEUR DE SISMOGRAPHE

1. GENERALITES.

L'enregistrement de séismes nécessite la connaissance précise du temps et impose par conséquent un déroulement régulier du support. L'ensemble de régulation d'un moteur que nous décrivons a été réalisé à la demande du Centre de Bangui (RCA). En fait, il pourrait être utilisé pour entraîner tout autre mécanisme compatible avec la puissance du moteur.

2. PRINCIPE.

Pour obtenir une vitesse de rotation précise et stable, il faut se référer à une fréquence étalon. Celle-ci, après amplification convenable du signal, commande directement un moteur synchrone préalablement lancé par un moteur auxilliaire. Les moteurs asynchrones "s'accrochent" sur la fréquence étalon sans lancement préalable (figure 1).

Dans les grandes puissances, la fréquence étalon est comparée à celle du moteur, l'écart des fréquences engendre un signal qui est transmis au moteur (figure 2) et corrige la vitesse.

Le moteur synchrone fourni par le Centre de Bangui nous imposait le choix de la première solution.

3. DESCRIPTION.

3.1. Fréquence étalon.

Elle est constituée par le diapason, type TFO, distribué par Europelec à un prix raisonnable.

Il délivre un signal carré (figure 3) à la fréquence de 1000 Hz avec une précision de 5.10^{-5} à la température de 25° C lorsque l'alimentation est réglée à $\pm 5\%$.

La tension d'alimentation (24 volts continu) est obtenue à partir du secteur (120 V, 50 Hz) à l'aide d'un transformateur abaisseur et d'un pont de diodes. La régulation est réalisée par un dispositif décrit au chapitre précédent (Régulateur de tension continue)

Le signal carré délivré par le diapason est filtré par une cellule en T attaquant un transistor, si bien qu'on recueille à la sortie un signal quasi sinusoïdal de 7,6 volts d'amplitude crête à crête, superposé à une composante continue de 14 volts.

Le schéma de la source de fréquence étalon est représenté figure 4. Les tableaux 1 et 3 mentionnent les composants utilisés et les tensions mesurées en divers points du circuit pour un dépannage éventuel.

3.2. Amplificateur.

Pour entraîner le moteur, il faut amplifier la puissance du signal délivré par le diapason. Afin de faciliter la maintenance, le Centre de Bangui a imposé l'emploi de tubes de la série NOVAL (12 AU 7 et EL 86). Pour la même raison, les autres composants ont des tolérances moyennes ($\pm 10\%$) et leurs valeurs sont les mêmes pour tous les étages.

Les deux premiers étages ont des fonctions amplificatrices. Les gains en tension sont respectivement de 7,5 et 5,3. Ils sont suivis d'un étage déphaseur qui permet simplement d'attaquer les lampes de sortie par des signaux en opposition de phase. En effet, la tension d'attaque (appliquée à la grille) de L 1 est en phase avec la tension recueillie sur la cathode et en opposition de phase avec celle recueillie sur la plaque.

L'étage push pull de sortie a un gain en tension de 6,6 et débite dans un transformateur de sortie accordé.

La tension d'attaque de la première lampe L 1 est ajustée à une valeur comprise entre 0,5 à 1 V efficace à l'aide d'un potentiomètre P_1 .

Le premier étage d'amplification et le potentiomètre peuvent sembler inutiles puisque la tension de sortie de la source de fréquence étalon est de 7,6 volts. En fait, on a voulu se réserver la possibilité d'utiliser une source étalon extérieure, en l'occurrence le diapason Belin dont les performances sont supérieures à celles du diapason Europelec.

Le schéma de l'amplificateur est représenté sur la figure 5. Les composants et les tensions sont énumérés dans les tableaux 3 et 4.

3.3. Moteur et réducteur.

Ainsi alimentée, la roue phonique a une vitesse de rotation de 1200 tours/minute lorsqu'elle est préalablement lancée par un moteur **Crouzet tournant à 2800 tours/minute**. La vitesse de rotation désirée étant de 1 tour en 6 minutes, il a fallu réduire la vitesse dans le rapport $1200 \times 6 = 7200$. Ceci a été réalisé à l'aide de deux réducteurs successifs, de rapports voisins ($\frac{1}{80} \times \frac{1}{90}$) et dont tous les axes, à l'exception de l'axe de sortie sont montés sur roulements à billes.

"L'accrochage" de la roue phonique après lancement ne peut être effectué que si la décélération n'est pas trop rapide. Il convient donc de diminuer les frottements par un alignement soigné des axes des réducteurs et des liaisons par cardan. La liaison entre le moteur et le premier réducteur est un flector de caoutchouc. En outre, deux volants atténuent la décélération et facilitent l'accrochage. La sortie du deuxième réducteur est équipée d'un joint de cardan double pour faciliter la connexion avec l'axe d'utilisation.

L'accrochage ne peut être obtenu que si la tension du secteur est au minimum de 100 volts, mais celle-ci peut sans inconvénient descendre jusqu'à 80 volts environ en cours de fonctionnement.

4. UTILISATION.

4.1. Mode d'emploi.

a. Relier le coffret de régulation au bloc moteur à l'aide d'un cordon muni de prises Jaeger. Il est essentiel de ne pas alimenter la régulation "à vide" pour éviter une surtension sur le transformateur de sortie.

b. Brancher le cordon du régulateur sur une prise de courant 120 V, 50 Hz.

c. Abaisser l'interrupteur de droite (marche).

d. Mettre l'interrupteur de gauche sur interne (fréquence étalon du régulateur) ou extérieur. Dans ce dernier cas, brancher un générateur de 1000 Hz délivrant une tension

minimum de 0,5 volt efficace.

e. Si l'on fonctionne avec le diapason intérieur, ajuster le potentiomètre à mi-course. Si l'on fonctionne avec un générateur extérieur, régler le potentiomètre pour obtenir un bon accrochage.

f. Abaisser l'interrupteur "lancement" pendant 5 secondes environ, puis le relever. Si le moteur ne "s'accroche" pas, recommencer l'opération en faisant varier au besoin la durée du lancement ou l'ajustage du potentiomètre.

4.2. Essai.

Un essai a été réalisé dans les conditions suivantes :

- durée : 19 heures 42 minutes.
- nombre de tours : 197.
- température ambiante : 18 à 20° C.
- température au voisinage du diapason : 30 à 34° C.
- écart en fin d'expérience : 1,7 sec \pm 0,2 sec.
- durée d'un tour : 5 mn 59,991 sec. \pm 0,001 sec.
- fréquence réelle du diapason : 1000,025 \pm 0,003 Hz
- écart par rapport à la fréquence nominale : $2,5 \cdot 10^{-5}$

La précision des mesures est insuffisante pour évaluer les variations de la fréquence dans le temps ou en fonction de la température.



FIGURE 1

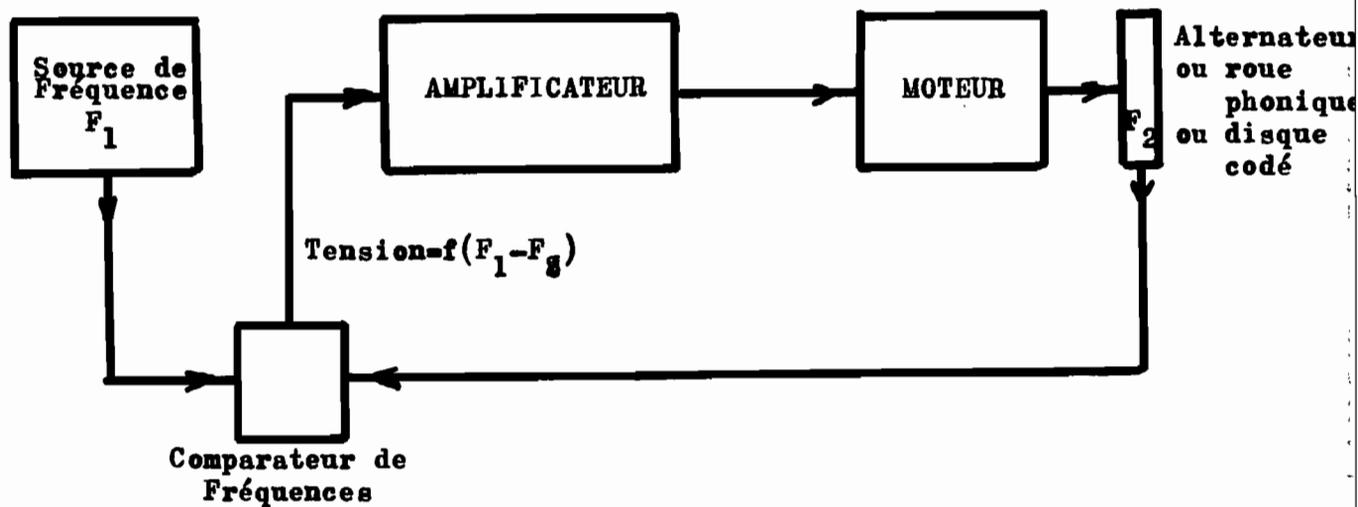


FIGURE 2

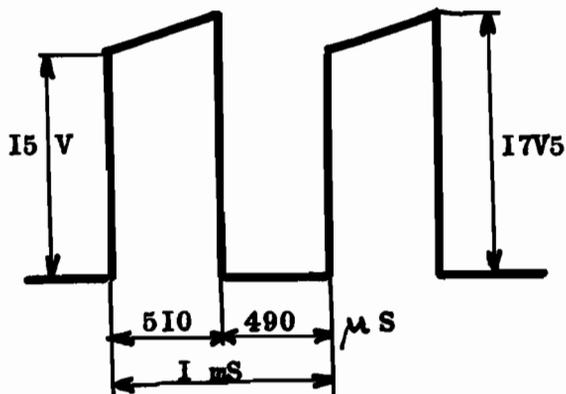


FIGURE 3

Diapason 1000 Hz avec alimentation et filtre

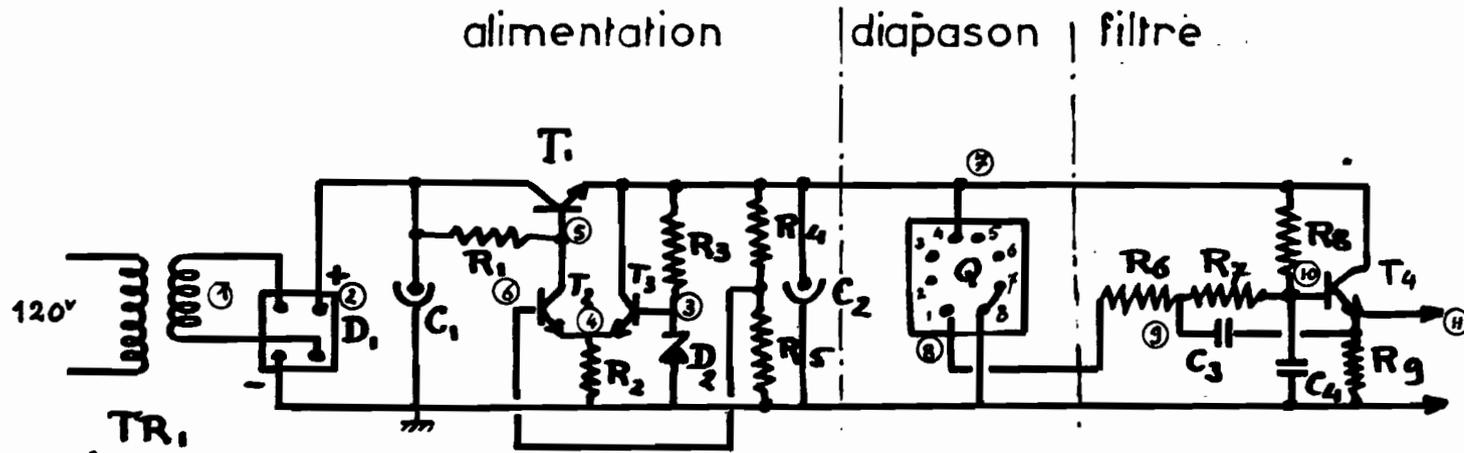


FIGURE 4

MESURES

APPAREIL: DIAPASON 1.000 Hz avec alimentation et filtre

POINT par rapport à la masse	VOLTS continu	VOLTS alternatif	f	POINT			POINT		
I		28.5	eff						
2	34.3	6V	100Hz	M					
3	11.6								
4	11.05								
5	29.8								
6	11.6								
7	23.2	IV	100Hz						
8		15V	100Hz						
9									
10	7.25	6.3							
11	14	7.6							
Condition de mesure: Secteur 50 Hz 120 V									

Amplificateur pour moteur 1200tours/minute

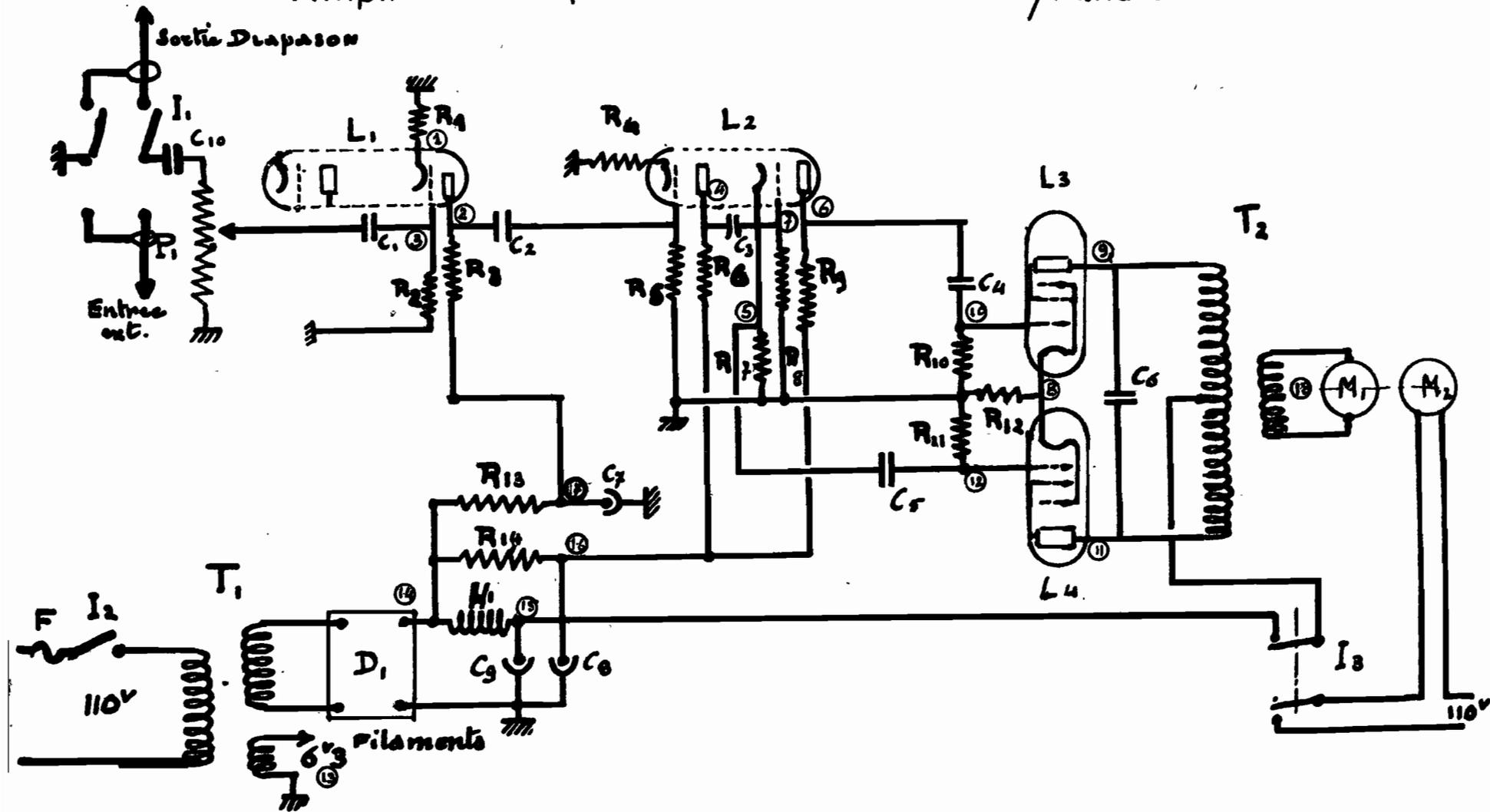


FIGURE 5

APPAREIL: AMPLIFICATEUR MOTEUR 1.200 T/Mn

REPERES DES	DESIGNATIONS	Nb	OBSERVATIONS
C1 à C5	Condensateurs papier 0.47 MF 20% 300 V	5	
C6	" " 0.15 " "	1	en 1 de 0.22//avec 0.47
C7 C8	" " chimique 8 MF 275V	2	
C9	" " 32 MF 400 V	1	
C10	" papier 3 nF 1.500V	1	
R1	Résistance carbone $\frac{1}{2}$ W 300 Ohms	1	
R2	" " 510 k Ω	1	
R3	" " 13 k Ω	1	
R4	" " 300 Ω	1	
R5	" " 510 k Ω	1	
R6	" " 13 k Ω	1	
R7	" " 13 k Ω	1	
R8	" " 510 k Ω	1	
R9	" " 13 k Ω	1	
R10-R11	" " 510 k Ω	2	
R12	" " 2 W 68 Ω	1	
R13	" " $\frac{1}{2}$ W 33 k Ω	1	
R14	é " 13 k Ω	1	
P1	Potentiomètre 500 k Ω	1	
L1-L2	Lampe 12 AU 7 (ECC82)	2	
L3-L4	" EL 86	2	
I ₁	Interrupteur-inverseur bipolaire	1	
I ₂	Interrupteur	1	
I ₃	Interrupteur-inverseur bipolaire	1	
D ₁	Pont redresseur CSK B 250 C 400	1	Semikron
H ₁	Self de filtrage 120 mA 200 Ohms	1	Radio-Prim
T ₁ -T ₂	Transfo n° 3473 SSL2	2	" "
M ₁	Moteur à roue phonique Belin	1	
M ₂	Moteur Couzet de lancement	1	Couzet
F	Fusible 1 ampère	1	

MESURES

APPAREIL: Amplificateur moteur 1200 T/Mn

POINT par rapport à la masse	VOLTS continus	VOLTS alternatifs	POINT			POINT		
1	0.72	0.6 f [*]						
2	56	22.5 f						
3	-0.2	3 f						
4	149	120 f V						
5	25	40 f M						
6	168	40 f n						
7	-0.2	120 f VV						
8	9.4	0.5 ~						
9	210	300 f M						
10	-15	45 f						
11	210	300 f						
12	-10.5	40 f						
13		6.9 f						
14	245							
15	215	6V 100Hz						
16	190	5.4 "						
17	84	1 "						
18		230 eff						

* f mesure crête à crête

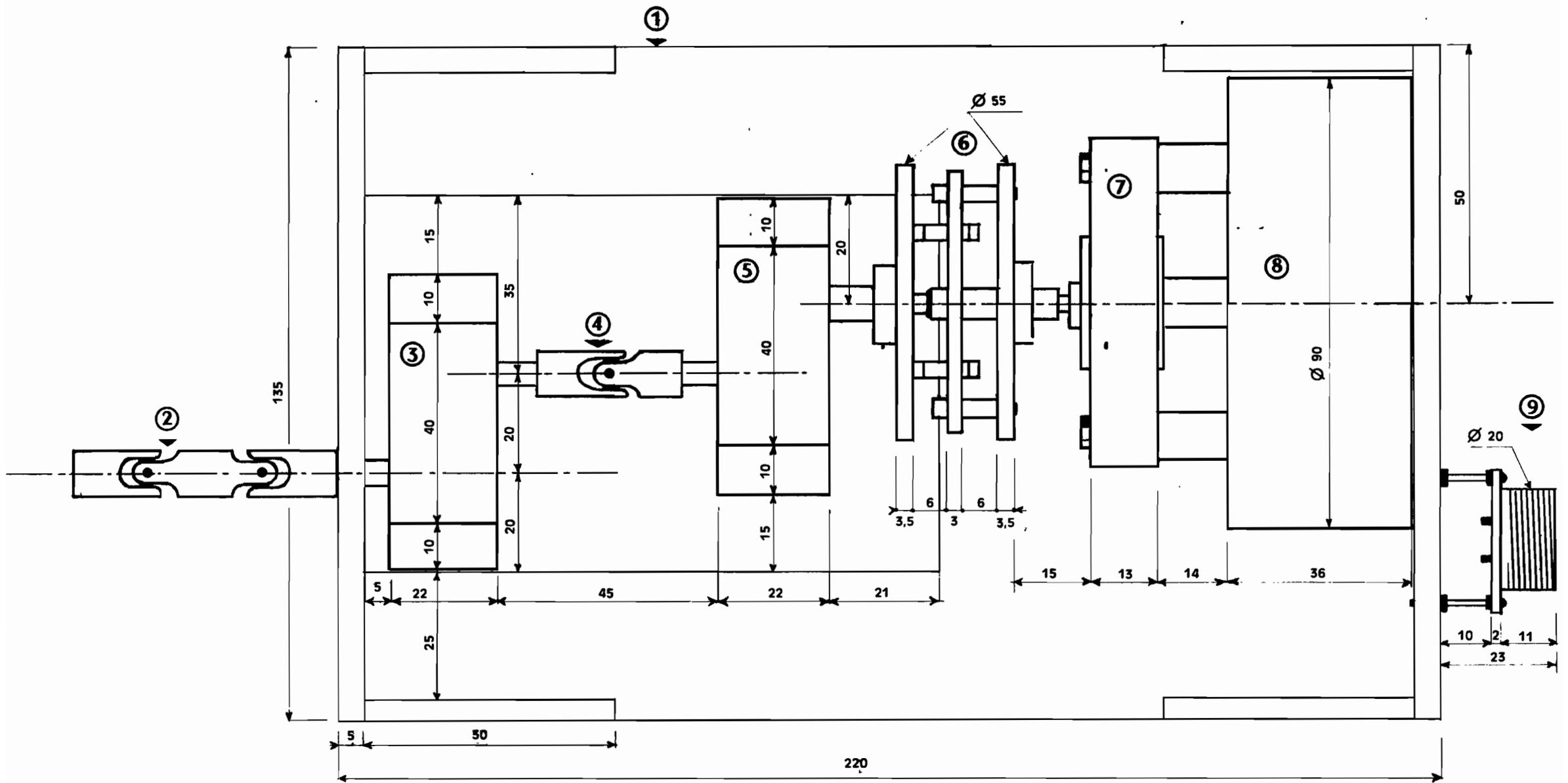


FIGURE 6

