

C E A - R 2816

EUR 2440 f

ASSOCIATION EURATOM - C.E.A.

GROUPE DE RECHERCHES SUR LA FUSION CONTROLÉE

UN OBTURATEUR MÉCANIQUE POUR SPECTROGRAPHE

DONT LE TEMPS D'EXPOSITION VARIE

DE 1,5 MICROSECONDE A 3 MILLISECONDES

par

Lothar BECKER et Hans Werner DRAWIN

Rapport C E A - R 2816

**CENTRE D'ÉTUDES NUCLÉAIRES
DE FONTENAY-AUX-ROSES**

CEA-R 2816 - BECKER Lothar, DRAWIN Hans-Werner
EUR- 2440.f

UN OBTURATEUR MECANIQUE POUR SPECTROGRAPHE DONT LE TEMPS
D'EXPOSITION VARIE DE 1,5 MICROSECONDE A 3 MILLISECONDES.

Sommaire. - On décrit un obturateur spectrographique rapide ayant des temps d'exposition allant de 1,5 μ s à 3 ms. L'obturateur est conçu pour faire des observations spectrographiques de décharges pulsées dont l'émission spectrale varie rapidement. En ce qui concerne la partie mécanique nous avons utilisé un disque comprenant une fente, qui tourne devant la fente d'entrée du spectrographe. L'amorçage de la décharge est assuré par le disque lui-même, à l'aide de cellules photoélectriques. L'instant à partir duquel l'observation doit commencer - après avoir amorcé la décharge -, ainsi que la durée d'exposition qui suit, peuvent être présélectionnés sur un tiroir électronique. Toutes les fonctions : mise en rotation du disque - amorçage de la décharge - exposition - freinage du disque se suivent automatiquement. Le principe ainsi que les circuits électroniques de contrôle de cet appareil sont décrits.

1965

22 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R 2816 - BECKER Lothar, DRAWIN Hans-Werner
EUR- 2440.f

MECHANICAL TIME-SHUTTER FOR SPECTROGRAPH WITH EXPOSURE-
TIMES FROM 1.5 μ s to 3 ms

Summary. - A mechanical time-shutter for exposure-times ranging from 1,5 μ s to 3ms is described. The apparatus is designed for spectrographic observations of pulsed electrical discharges which show rapidly varying spectral emissivities. For the mechanical part of the shutter we used a specially formed fast rotating disk having a slit. Triggering of the discharge is achieved by the rotating disk - in connection with photocells. Both the instant at which - after the beginning of the electrical discharge - the exposure shall begin, and the duration of exposure which will then follow can be "preselected" on a special electronic control device. All functions : rotation of the disk - ignition of the discharge - exposure - switch-off of the disk are controlled electronically. The principle and the main electronic control parts of this versatile instrument are described.

1965

22 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

Les rapports du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE sont, à partir du n° 2200, en vente à la Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.

The C.E.A. reports starting with n° 2200 are available at the Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.

Association EURATOM - C.E.A.
Groupe de Recherches sur la Fusion Contrôlée

UN OBTURATEUR MECANIQUE POUR SPECTROGRAPHE
DONT LE TEMPS D'EXPOSITION VARIE DE
1,5 MICROSECONDE A 3 MILLISECONDES.

par

Lothar BECKER et Hans-Werner DRAWIN

A- INTRODUCTION

Pour les observations spectrographiques des décharges électriques pulsées, qui montrent généralement un changement rapide de leur émission et de leur paramètre caractéristique de plasma, il est nécessaire de construire des obturateurs rapides, afin que l'on puisse photographier des spectres complets pendant un intervalle de temps suffisamment petit par rapport à la durée totale de la décharge.

Au cours des années précédentes, on a décrit dans la littérature divers obturateurs pour cette même fin. Un aperçu critique sur les différentes méthodes et les résultats obtenus en vue d'une résolution dans le temps de spectres photographiques a été donné par LAQUA et HAGENAH [1]. Pour les applications spéciales, nous renvoyons le lecteur au [2], par exemple.

En résumant les méthodes qui utilisent l'obturateur rapide devant la fente d'un spectrographe, nous mentionnons :

- 1 - le disque tournant [3] [4],
- 2 - le tube tournant [5]
- 3 - le miroir tournant et le prisme tournant [6], [7], [8]
- 4 - la lamelle ou filament, vibrant sous l'action d'un fort courant dû à la décharge d'un condensateur.
- 5 - la cellule de KERR [2] [3]

Le désavantage de la cellule de KERR est de restreindre considérablement la bande spectrale. La lamelle, accélérée par les champs magnétiques créés par une ou plusieurs décharges de condensateurs, à l'avantage

de pouvoir être utilisée facilement pour des mesures faites avec un spectrographe à vide ($\lambda < 2000 \text{ \AA}$) car le montage peut être facilement fait dans le vide. Par contre le montage du disque tournant dans le vide est difficilement réalisable si on demande une fréquence de rotation très élevée. Mais s'il s'agit, comme dans notre cas, d'observations dans un domaine spectral $\lambda > 2000 \text{ \AA}$, on peut appliquer plus facilement le disque tournant - ce disque ayant une fente petite. Pour éviter des expositions multiples, il faut s'assurer uniquement que la durée totale de l'émission lumineuse est inférieure au temps de révolution du disque.

Dans la construction décrite ici, on utilise un disque tournant comme obturateur pour la lumière provenant de la décharge électrique. Des temps d'exposition variant de $1,5 \mu\text{s}$ à 3 ms environ sont possibles. Pour les temps d'exposition les plus courts, la largeur de la fente du disque est de $0,5 \text{ mm}$.

Pour assurer une synchronisation exacte entre la position de fente et le début de la décharge, pour tous les temps d'exposition, un appareil électronique adéquate a été construit.

B- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Etant donné la largeur de la fente dans le disque tournant, le temps d'exposition est inversement proportionnel à la fréquence de rotation. Pour une fréquence donnée l'ouverture n'est pas possible à chaque instant, elle dépend de la position de la fente du disque par rapport à la position de la fente d'entrée du spectrographe. Il faut donc synchroniser la décharge par le disque lui-même. Pour ce faire, on a prévu deux photodiodes Ph_1 et Ph_2 avec leur lampe, de l'autre côté du disque. A chaque révolution ces diodes donnent une impulsion I_1 et I_2 (voir fig.1 et 5). La position des deux photodiodes Ph_1 et Ph_2 est fixe et donnée par les angles α et β relativement à la position de la fente d'entrée F du spectrographe.

(La troisième photodiodes Ph_3 sert uniquement pour le contrôle de la fréquence de rotation).

Pour un temps d'exposition T_p souhaité, il faut une certaine fréquence de rotation n , donc aussi un certain temps T_α pour que la fente puisse parcourir la distance entre Ph_1 et Ph_2 . L'impulsion I_1 de la photodiode Ph_1 est retardée et entre dans le circuit de coïncidence k avec l'impulsion I_2 venant de la photodiode Ph_2 . Le circuit de coïncidence k donne une impulsion I_3 seulement dans le cas où I_1 et I_2 arrivent en même temps en k , c'est à dire que si le temps de retard T_1 et le temps T_α coïncident on choisit donc la fréquence n dans l'instant de l'exposition, donc aussi le temps d'exposition T_p lui même.

On a :

$$T_p = \frac{s}{U \cdot n} \quad (1)$$

où s = largeur de la fente du disque,
 U = périmètre = $2\pi R$
 n = fréquence de rotation moyenne

Il s'en suit que

$$T_1 = \frac{\alpha}{360^\circ \cdot n} = k_1 \cdot T_p, \quad (2)$$

où $k_1 = \frac{U \cdot \alpha}{s \cdot 360^\circ}$

On retarde maintenant l'impulsion I_3 d'une certaine durée T_2 pour amorcer par P la décharge électrique à observer. De T_2 dépend l'instant auquel l'exposition doit commencer, après le début de la décharge électrique. Etant donné T_4 le décalage par rapport au temps d'amorçage de la décharge, le temps de retard T_2 est

$$T_2 = T_p - T_H = k_2 T_p - T_4 \quad (3)$$

où T_p = temps d'exposition désiré

$$k_2 = \frac{\beta \cdot U}{360^\circ \cdot s}$$

Ces conditions signifient dans la pratique de notre cas que les deux temps T_p et T_4 désirés peuvent être obtenus à l'aide de deux potentiomètres de précision, chacun représentant respectivement les temps T_1 et T_2 . Les valeurs nécessaires de T_1 et T_2 sont données par un graphique.

Pour faire une mesure, on ouvre uniquement la fente du spectrographe, puis on augmente la vitesse de rotation du disque. Si la vitesse atteint une certaine valeur, la suite des impulsions expliquées plus haut se fait automatiquement. La répétition d'une mesure est possible uniquement après l'arrêt total du disque.

Après la mesure, le courant du moteur est coupé en C. Pour raison de sécurité on a prévu également une coupure de courant pour le moteur si la fréquence de rotation du disque dépasse une certaine valeur maximum.

C- EXECUTION TECHNIQUE

1- Le disque

Le disque a été conçu pour une fréquence maximale de 64.000 t/min.* Pour une largeur de fente de 0,5 mm , une fréquence de 60.000 t/min et un diamètre moyen de $2R_m = 134$ mm , le temps d'exposition est de 1,2 μ s. Pour faire des mesures de l'ordre du milliseconde, on remplace simplement ce disque par un autre ayant une fente plus grande, sans changer quoi que ce soit dans la partie électronique .

La forme conique du disque (fig.2 et Fig.3) résulte du fait que la force centrifuge augmente proportionnellement au carré du rayon du disque . Le disque est protégé par une cage qui porte les lampes et les indicateurs de la lumière (Fig.4).

2- La partie électronique

Toute la partie électronique se trouve dans un rack normalisé comme le montre la figure 4 .

Comme indicateur de la lumière , on a utilisé des photodiodes avec un temps de montée $t_a < 1 \mu$ s . Les amplificateurs transistorisés A_1 et A_2 sont directement couplés avec les photodiodes Ph_1 et Ph_2 . Le circuit électronique est donné par la figure 5 .

Comme les impulsions données par A_1 et A_2 varient en amplitude et en longueur, on ne peut pas les utiliser directement pour la synchro-

*Exécution pratique de ce disque par : Compagnie Générale des Turbomachines
Levallois-Perret (Seine)

nisation. On les transforme donc dans un circuit de mise en forme d'impulsions F_1 , F_2 , en impulsions rectangulaires et constantes (durée : $20 \mu s$, amplitude $50 v$, $t_a = t_e \leq 0,2 \mu s$)

Dans le circuit de retard R_1 qui suit, on donne à l'impulsion I_1 un retard suivant le temps d'exposition désiré. Pour choisir ce temps d'exposition, trois gammes ont été prévues :

0 $15 \mu s$, 0 $150 \mu s$, $1500 \mu s$.

Le circuit R_1 peut laisser passer une fréquence d'impulsion de $1 kHz$. Le retard est assuré à l'aide d'un multivibrateur monostable.

L'impulsion de sortie I_1' de R_1 et l'impulsion de sortie I_2 de F_2 sont appliquées au circuit de coïncidence K dont l'élément principal est une heptode E91H. Si les deux impulsions arrivent en même temps avec une amplitude de $> 45 V$ (pour chaque impulsion) on obtient une impulsion I_3 qui peut être retardée par le circuit de retard R_2 (gamme de retard jusqu'à $5 ms$) L'impulsion I_H de R_2 déclenche -par le circuit P - la décharge électrique.

Pour contrôler la fréquence de rotation du disque, on utilise un appareil de mesure* T avec sa propre lampe et sa photodiode Ph_3

Les impulsions données par Ph_3 doivent passer par un circuit de mise en forme d'impulsions F_T

*Fabricant : Industrie-Electronik, Stuttgart.

D. APPLICATION PRATIQUE

L'obturateur décrit ici, a été utilisé pour une décharge condensée. Le spectre émis par la décharge est montré fig.1) Le temps de l'émission est séparé en deux phases. Pendant la première phase (fig.1), partie I : 0 à 250 μ s) la décharge dans l'hydrogène émet uniquement des raies d'hydrogène assez larges. Pendant la deuxième phase (partie II : de 250 à 500 μ s) les intensités des raies d'hydrogène sont faibles mais des impuretés deviennent visibles. La faible intensité des raies spectrales d'hydrogène est liée à la forte ionisation de l'hydrogène. Seules les zones froides autour des parois émettent des raies d'hydrogène.

Nous remercions Monsieur G.WESTE et Monsieur E.SABLON pour leur aide apportée aux mesures spectroscopiques et pour la production de la décharge. Nous remercions également Monsieur E.BETTENDROFFER pour la construction des circuits de mise en forme d'impulsions.

REFERENCES

- [1] K.LAQUA and W.D.HAGENAH, Proc.Xth Colloquium Spectroscopicum Internationale (1963) pg.91, Spartan Books Comp., Washington (1963)
- [2] Proc.6th Int.Congress on High-Speed Photography (1962), edited by J.G.A.De Graaf and P.Tegelaar; H.D.Tjeenk Willink & Zoon, N.V., Haarlem (The Netherlands) (1963).
- [3] W.D.HAGENAH and K.LAQUA, Revue Universelle des Mines, 9e série, T.XV, n°5 (1959) et Proc.Xth Colloquium Spectroscopicum Internationale, pg.91-125, Spartan Books Comp., Washington(1963) with 169 references.
- [4] R.SCHNEIDER and M.MAILANDER, Zs.Angewandte Physik 12, 521 (1960)
- [5] W.L.WIESE, Rev.Sci.Instr. 31 , 943 (1960)
- [6] J.BORTFELDT, Proc. 5th Int.Conf.Ioniz.Phen.in Gases, Munich 1961, Vol.II, 1931 - North Holland Publ.Comp., Amsterdam (1962)
- [7] H.HARTWIG, Report Jülich - 53-PP (Mai 1962) - Kernforschungsanlage des Landes Nordrhein-Westfalen.
- [8] W.H.WURSTER, Rev.Sci.Instr. 28 , 1093 (1957)
- [9] P.A.KENDALL, Appl.Spectroscopy 18 , 33 (1964)
- [10] R.S.DIKE and E.L.KEMP, "A fast light shutter", in semiannual Status Report of the L.A.S.L. Controlled Thermonuclear Research Program, for period ending October 20, (1963). Los Alamos Scientific Laboratory Report LAMS - 3004, pg.126-127.

Manuscrit reçu le 13 mai 1965.

LEGENDES DES FIGURES

Fig.1

(en haut) Position des photodiodes Ph_1 , Ph_2 et Ph_3 par rapport à la fente F du spectrographe. Dans la position dessinée, la fente du disque se trouve justement devant la fente du spectrographe.

(en bas) suite des impulsions. Pour les détails, voir le texte. L = signal lumineux de la décharge ; T_p = durée d'exposition.

Fig.2

Schéma électrique général de l'ensemble

M = Règlage de la vitesse du moteur;

A_1 , A_2 = amplificateurs transistorisés;

F_1 , F_2 , F_T = circuits de mise en forme d'impulsions

R_1 , R_2 = boîte de retard ;

K = circuit de coïncidence

P = Boîte pour amorcer la batterie de condensateurs.

T = Compteur de vitesse

C = circuit de coupure électrique

Fig.3

Le disque avec son moteur (sans cage de sécurité)

Fig.4

L'ensemble : électronique + disque, devant un spectrographe.

Fig.5

Circuit électrique des amplificateurs A_1 et A_2 avec photodiodes

- Fig.6 Circuit électrique pour circuits de mise en forme d'impulsions
(F dans la figure 2)
- Fig.7 Circuit électrique pour la boîte de retard R_1
- Fig.8 Circuit électrique pour la boîte de coïncidence K
- Fig.9 Circuit électrique pour circuits de mise en forme
d'impulsions F_T
- Fig.10 Circuits électriques pour tiroir de commande du moteur M
et pour tiroir coupe circuit C .
- Fig.11 Spectre général émis par une décharge dans le gaz d'hydrogène
Spectre I : première phase de 0 à 250 μs
Spectre II : deuxième phase de 250 à 500 μs .

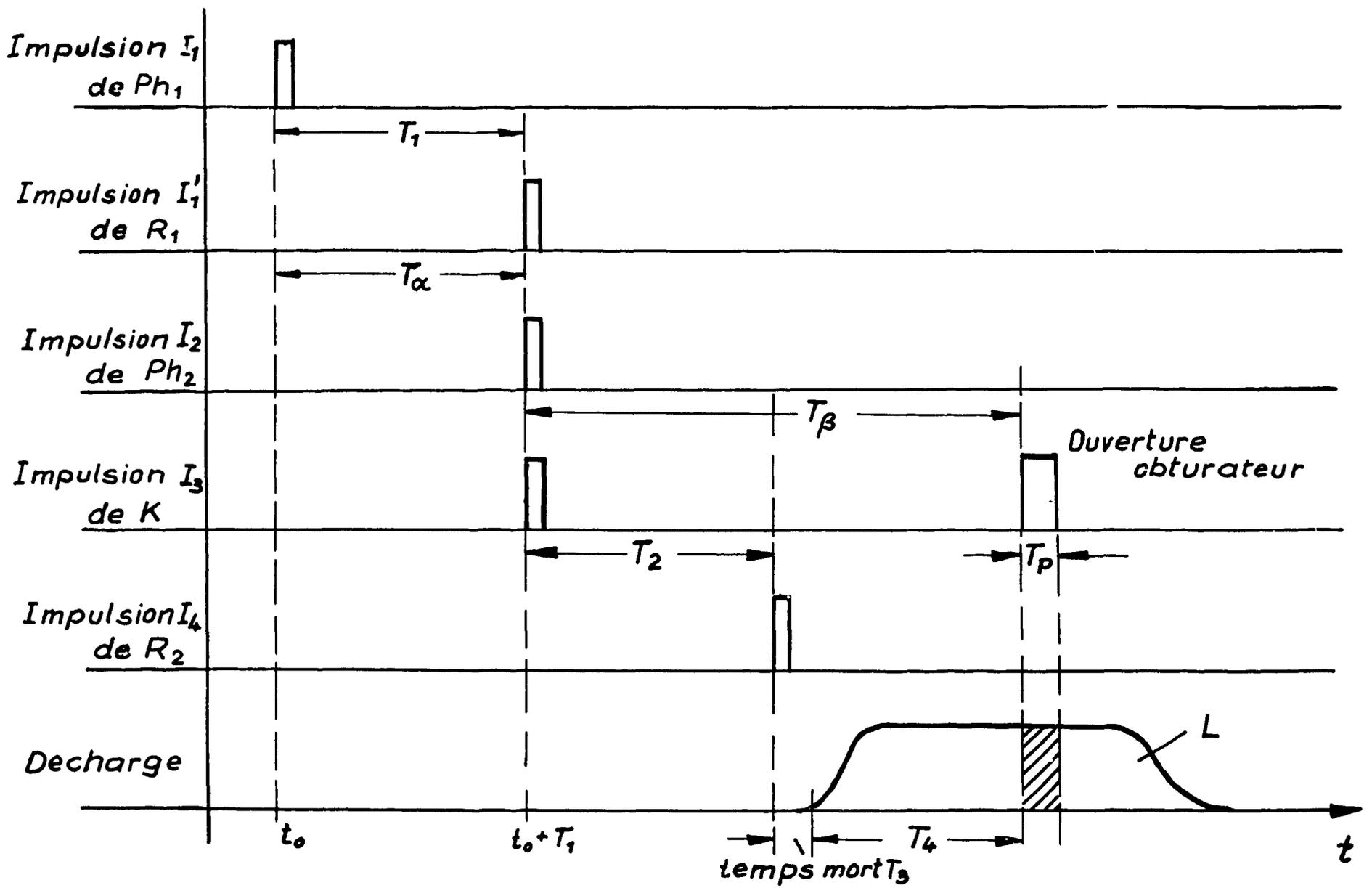
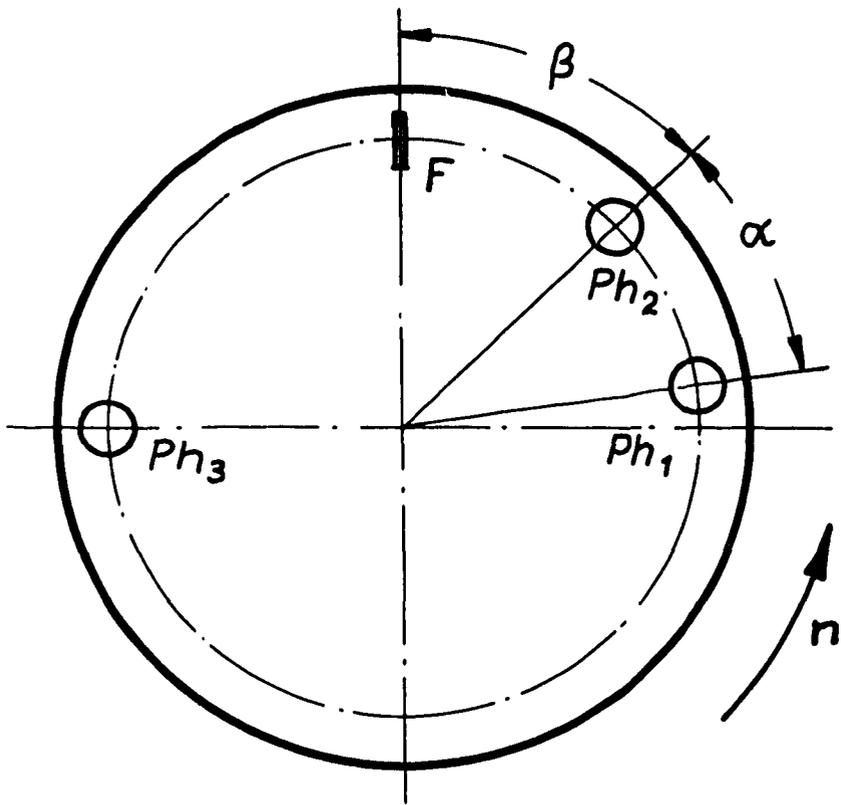


Fig. 1

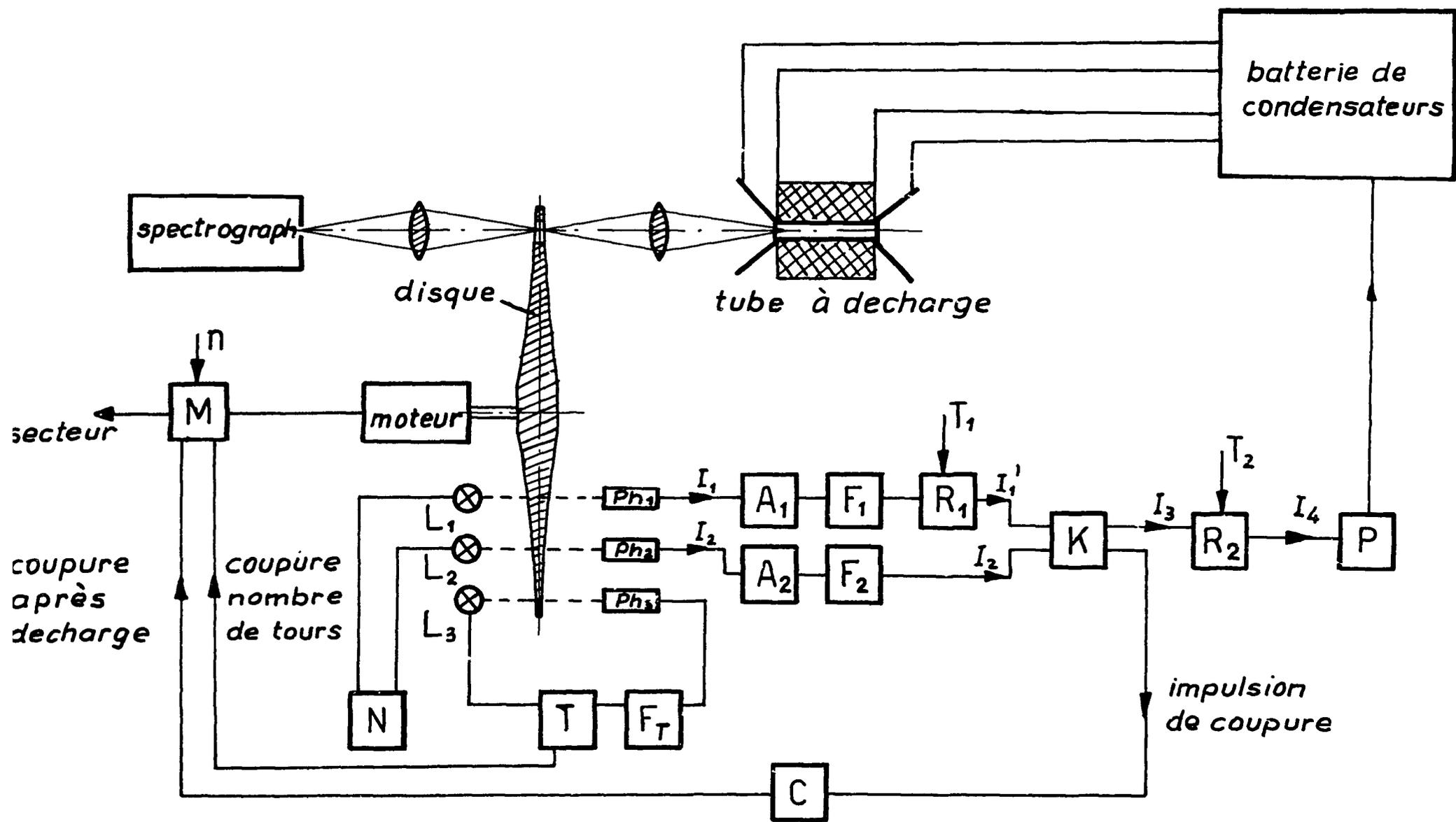
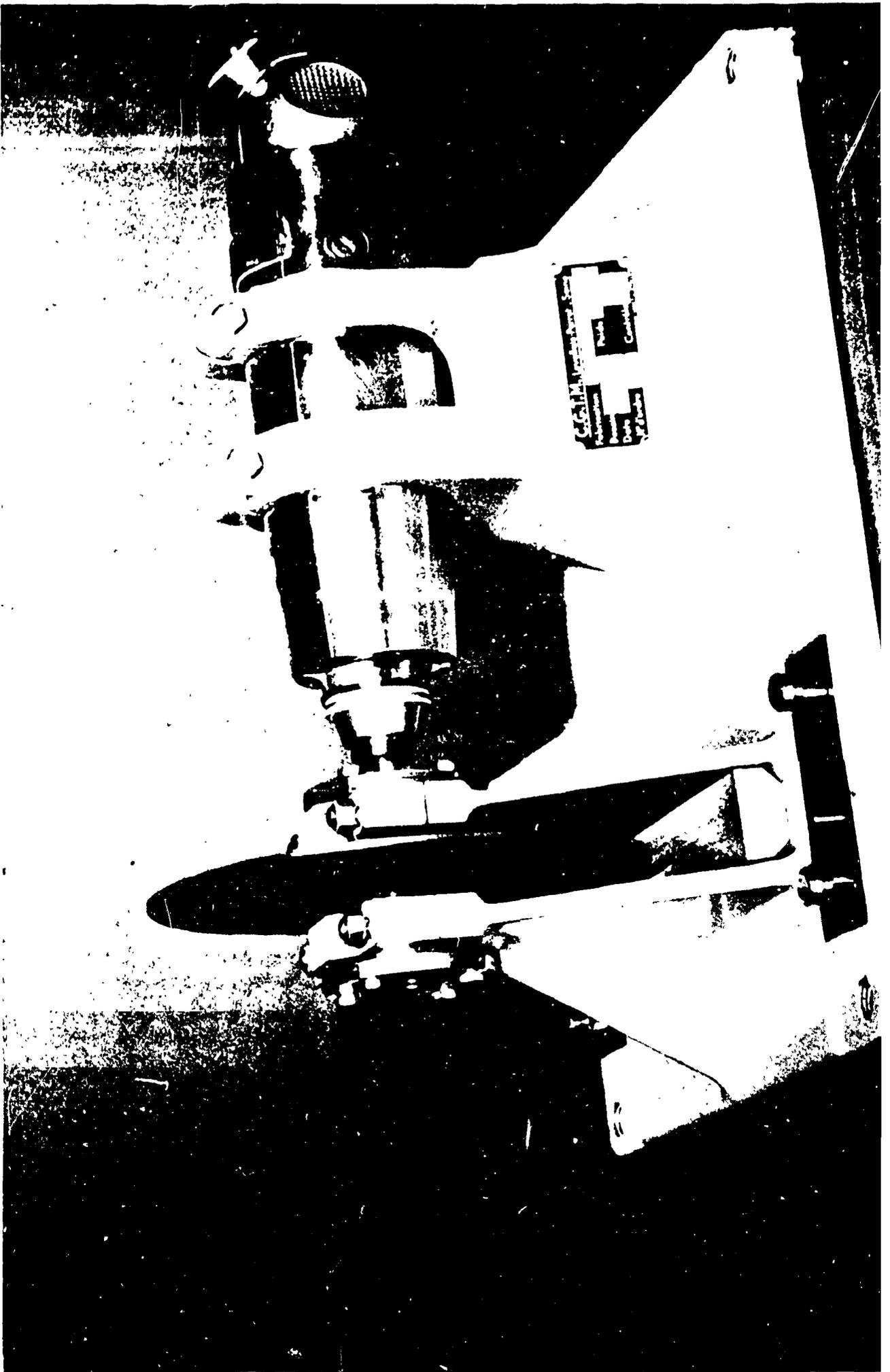


Fig. 2



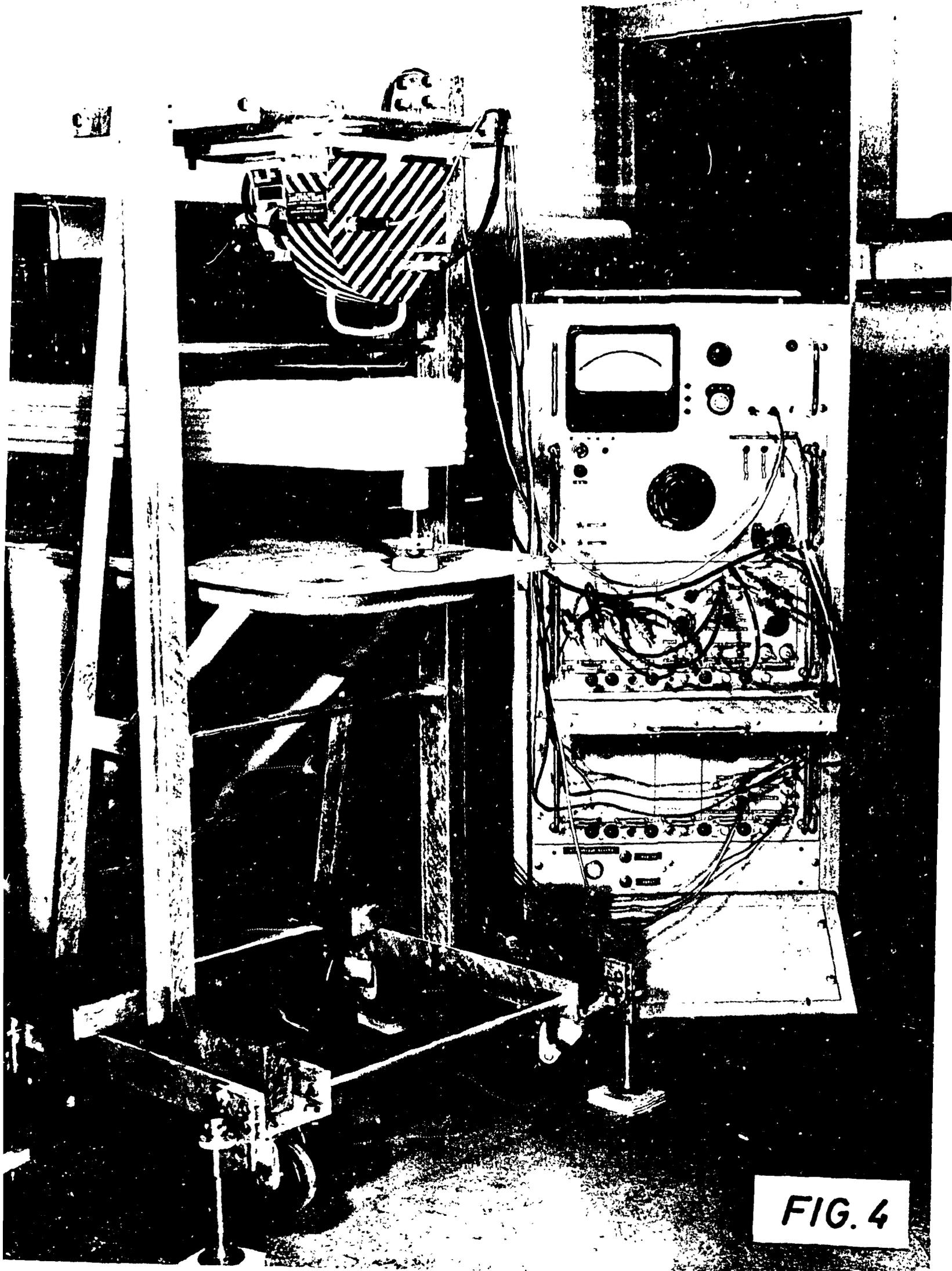


FIG. 4

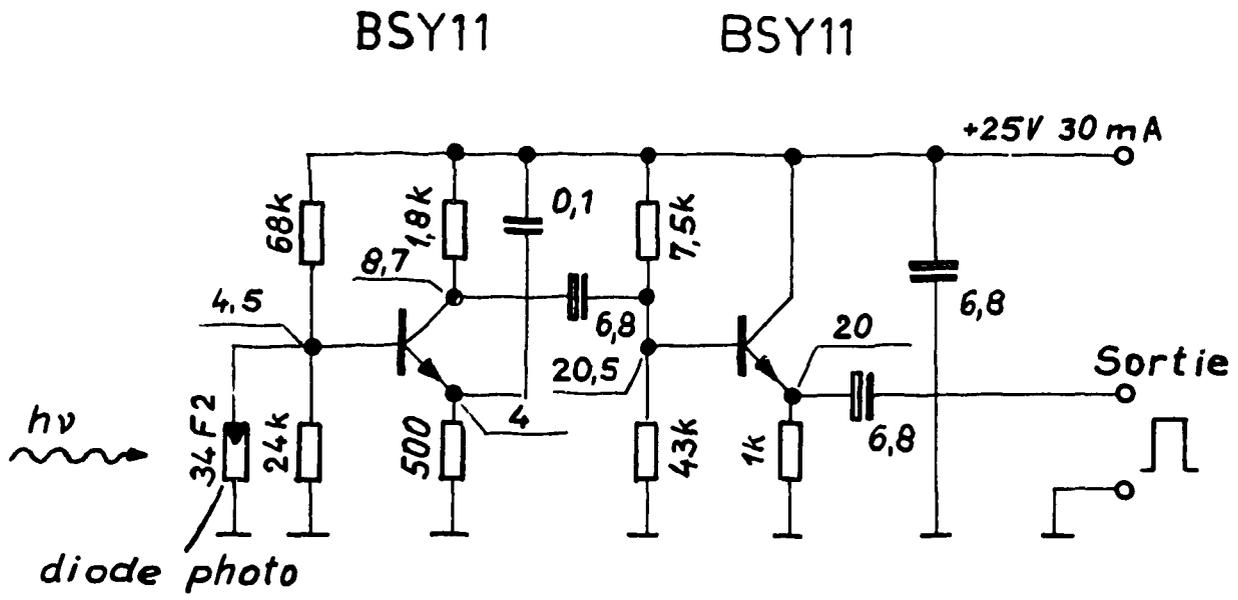


Fig. 5

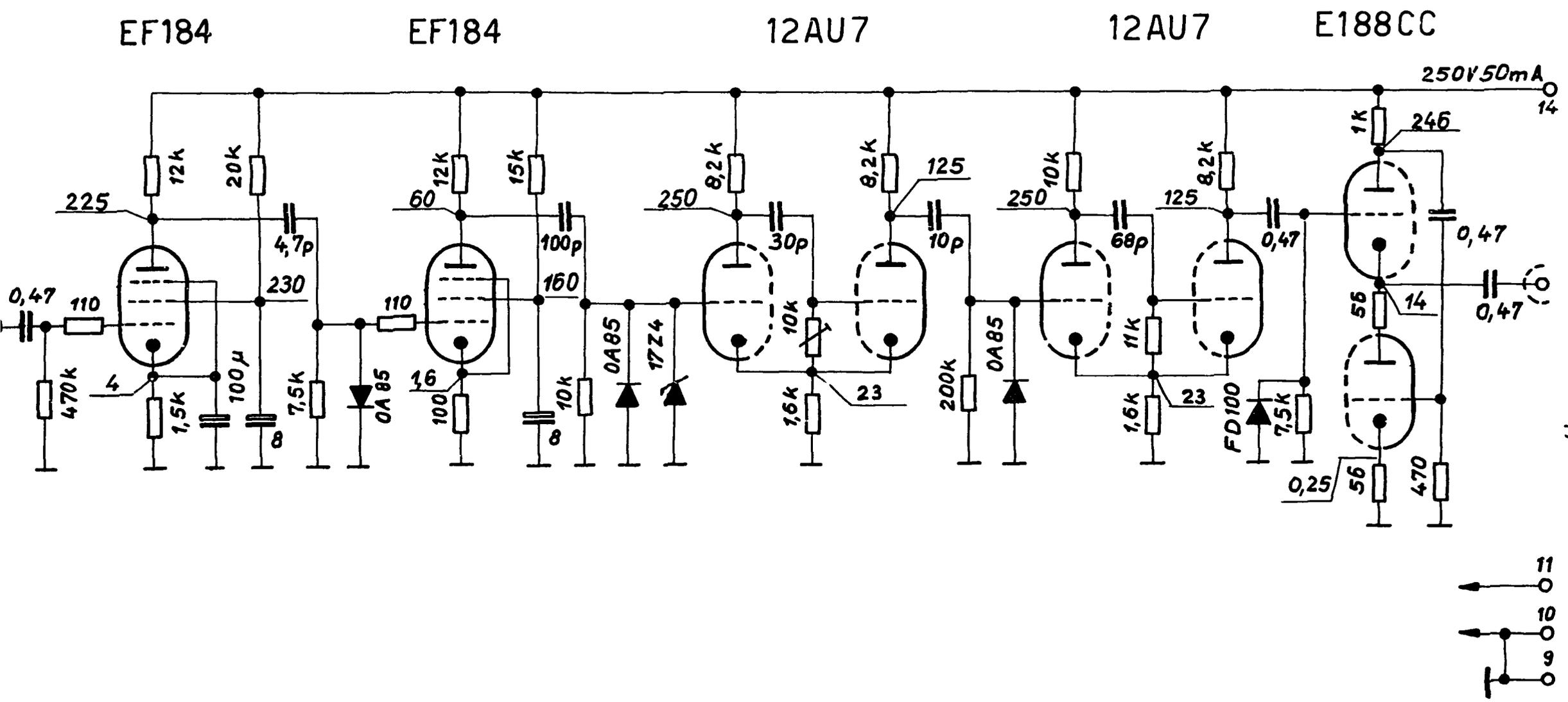


FIG.6

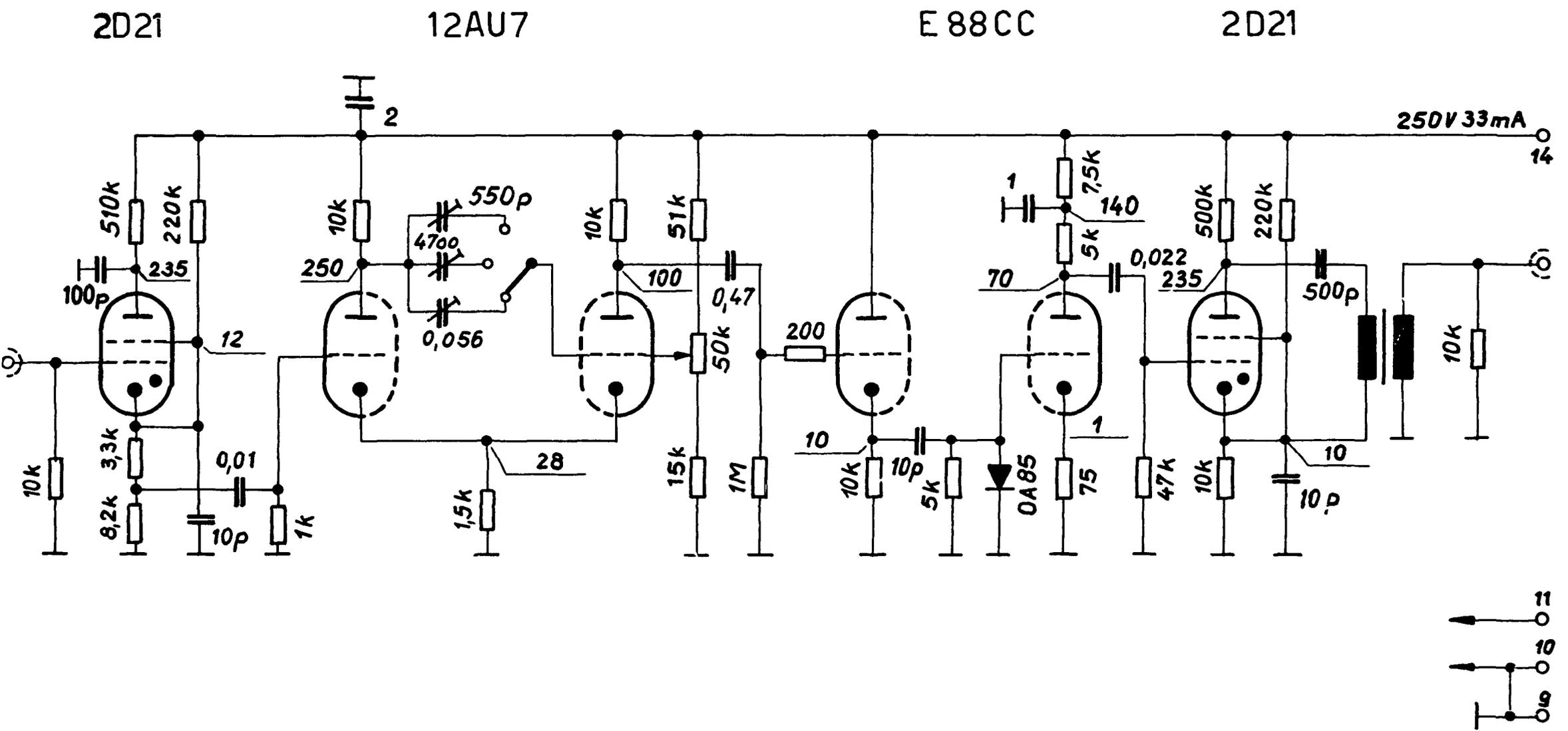


FIG. 7

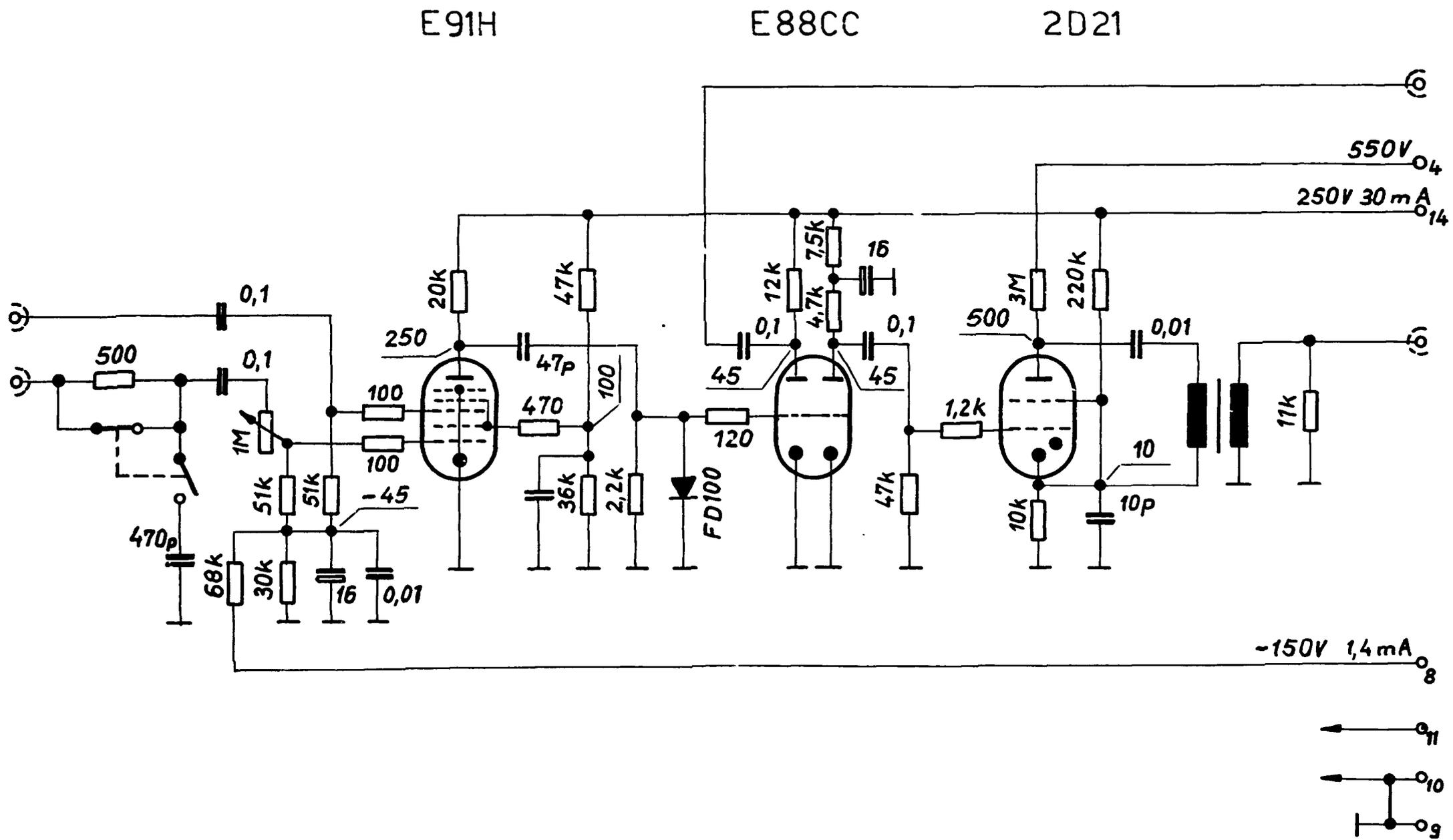


FIG. 8

E88CC

12AU7

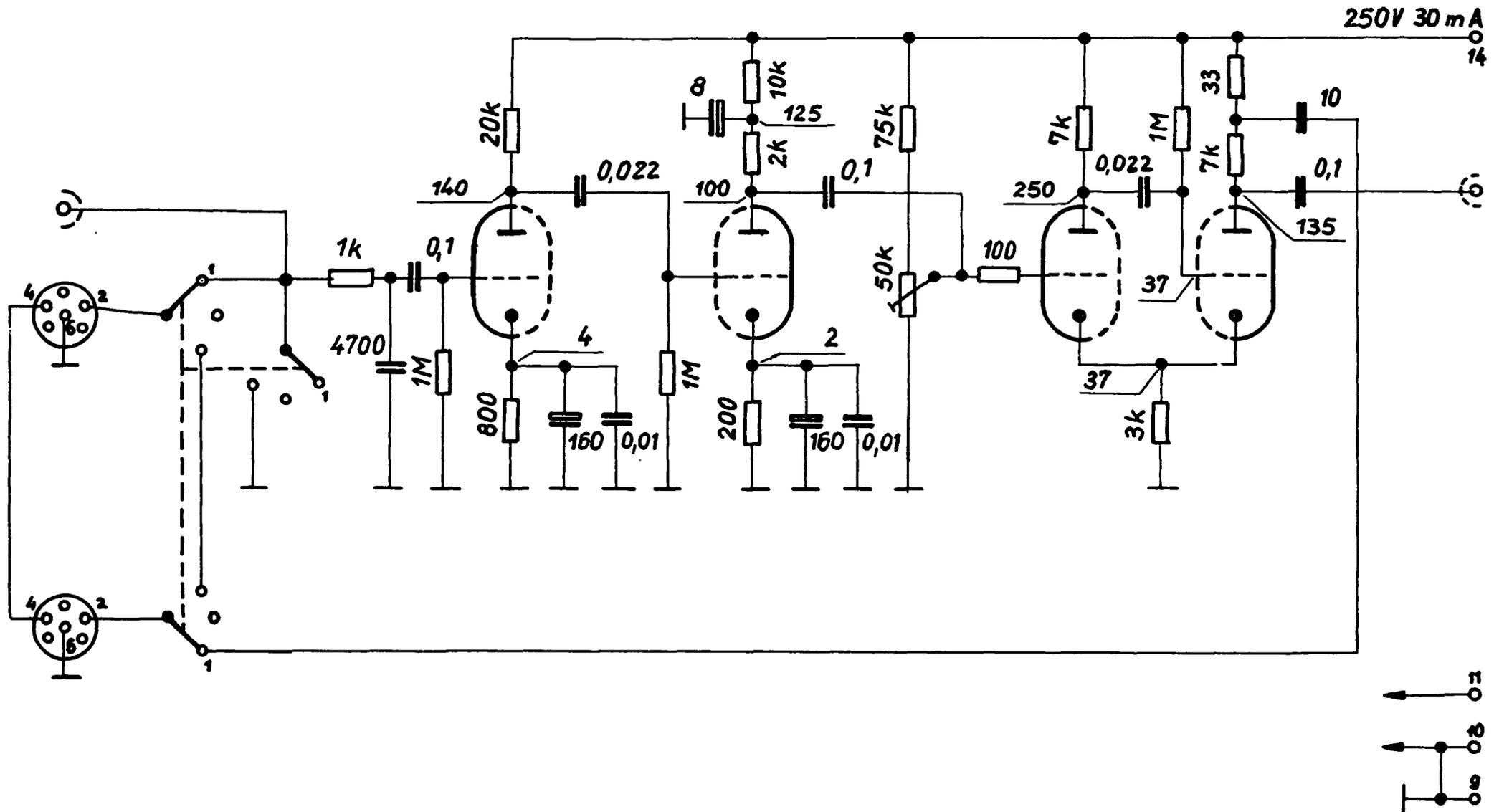


FIG. 9

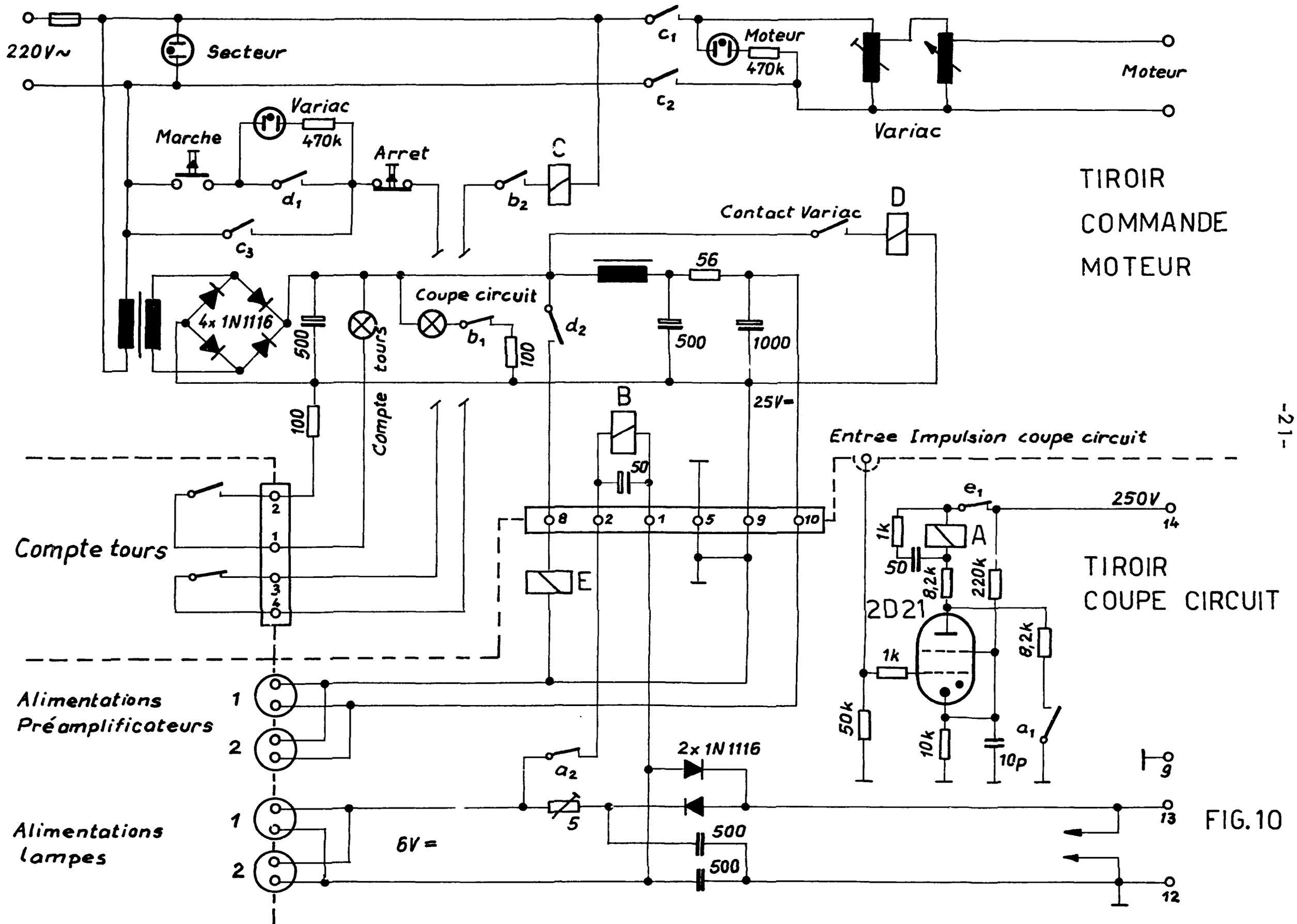


FIG.10

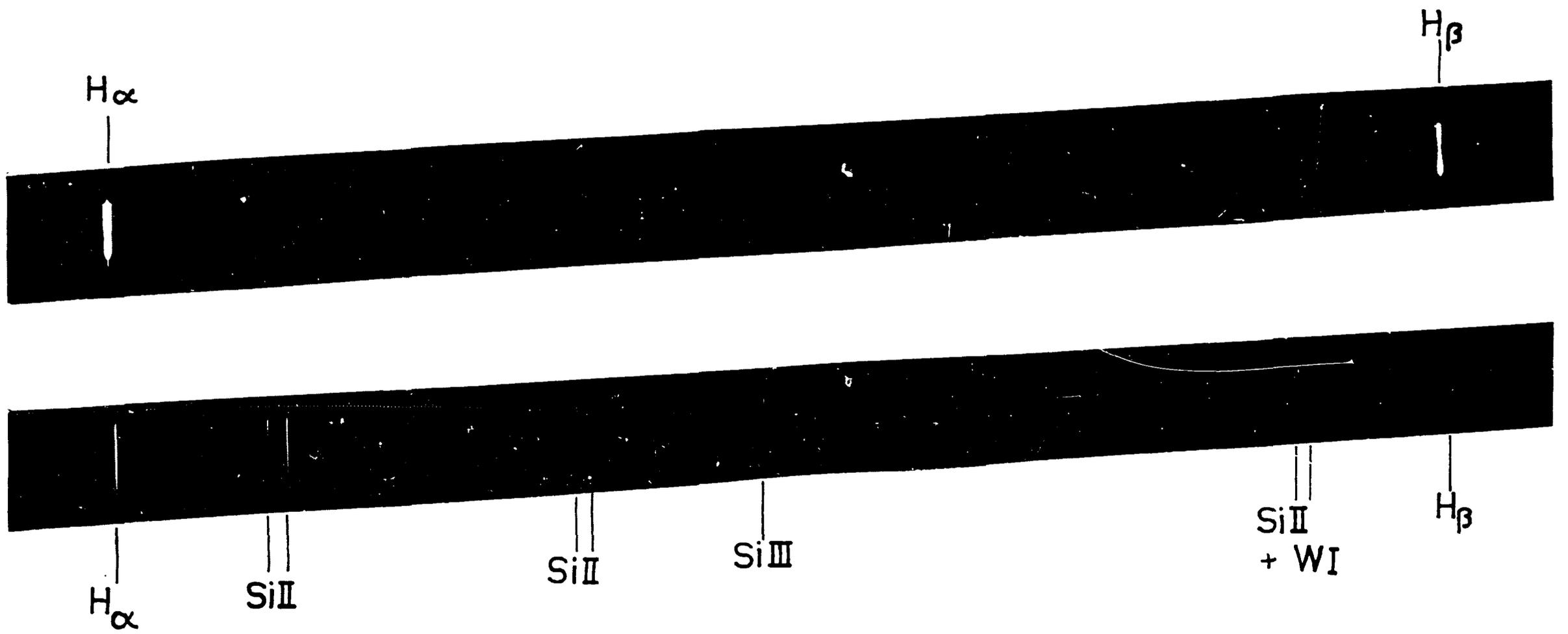


Fig.11

FIN