

MAREES TERRESTRES

BULLETIN d'INFORMATIONS

N° 1

1 DEC 1956

C S A G I

GROUPE XIII (GRAVIMETRIE)

COMMISSION POUR L'ETUDE DES MAREES TERRESTRES

-----  
00  
060

Editeur : Dr. Paul MELCHIOR,  
Observatoire Royal de Belgique  
3, Avenue Circulaire  
U C C L E  
Belgique.

DATA ON LACOSTE AND ROMBERG  
TIDAL GRAVITY METERS

-----

LaCoste and Romberg have built two Tidal Gravity Meters for the measurement of tidal changes in gravity due to the effects of the sun and the moon and to the elasticity of the earth. The first Tidal Gravity Meter was built several years ago and is described on page 266 of the June issue of the Transactions of the American Geophysical Union. It is essentially a laboratory instrument, since it is not readily portable. It has been used to obtain tidal drift data to send to gravity meter operators in the field so that they can correct their drift. It has also been used to obtain data for the study of earth tides at the University of Texas and at the Institute of Geophysics at the University of California at Los Angeles.

The second Tidal Gravity Meter has just been completed; it is more or less portable and will be used by the Institute of Geophysics at U.C.L.A. in making earth tide studies over all the world during the IGY. Data from the first and second Tidal Gravity Meters have been compared and found to be consistent to about 1 microgal. Since the second meter appears to be more accurate than the first, it probably has an accuracy considerably better than 1 microgal. The second meter has an improved optical system which has practically no drift and an improved servo system that is extremely reliable.

We are offering to build additional Tidal Gravity Meters (similar to the second meter) for \$ 25,000. We estimate that it will take 6 months to a year to build them. The reason for taking such a long time is that many time consuming tests and adjustments must be made to insure that the errors are reduced to the desired amounts. We believe that the comparison of two instruments is essential in doing this.

The following data on the second Tidal Gravity Meter might be of interest :

Its total range without resetting is about 13 milligals. This is about 15 times smaller than for an ordinary gravity meter in order to reduce the effect of screw errors.

The electrical system is designed to operate on 50 to 60 cy/sec a c, but it has not yet been checked on 50 cy/sec; this will be done, of course.

An electric filter is used to average microseisms. This is a three stage RC filter with a time constant of 6 seconds in each stage.

The power requirements are about 250 watts.

The approximate weights and dimensions of the Tidal Meter are as follows :

Gravity Meter	74 x 38 x 66 cm	32 Kgs
Control Box	66 x 48 x 33 cm	25 Kgs
Voltage Regulator	38 x 18 x 20 cm	21 Kgs
Isolation Transformer	13 x 15 x 18 cm	10 Kgs
Thermostating Control Box (for thermostating meter without Main Control Box)	28 x 20 x 13 cm	4,5 Kgs
Recorder	46 x 33 x 53 cm	23 Kgs

-----

(received from G.P. Woollard)

R. LECOLAZET - (STRASBOURG)

L'ENREGISTREMENT DE LA MAREE GRAVIMETRIQUE AVEC  
UN GRAVIMETRE NORTH-AMERICAN

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

I. Dans cet article, faisant suite à une publication parue dans les Annales de Géophysique (T.12, fasc.1, pp. 59-71), nous nous proposons de décrire le dispositif expérimental qui, adjoint à un gravimètre North-American, nous a permis d'enregistrer la marée gravimétrique à Strasbourg, pendant plusieurs mois.

L'appareillage utilisé est de construction facile et peut sans doute s'adapter aussi au gravimètre 'Western-Union'. Quelques modifications doivent être apportées au montage électrique du gravimètre lui-même mais elles sont bénignes et n'affectent en rien le fonctionnement ultérieur de cet appareil en prospection. Pour les effectuer il n'est besoin que de démonter la platine supérieure portant les organes de contrôle et de manoeuvre.

Le dispositif expérimental adjoint au gravimètre comprend trois parties :

- 1) Le dispositif d'enregistrement proprement dit; les déplacements du fléau sont enregistrés optiquement sur film de 35 mm.
- 2) Un montage électrique destiné à alimenter les thermostats à partir du secteur alternatif, à éviter toute panne de chauffe et à stabiliser au maximum la température de l'enceinte interne.
- 3) Un dispositif d'étalonnage.

Nous allons décrire successivement ces trois montages.

II. Dispositif optique d'enregistrement :

La figure I donne le schéma du dispositif d'enregistrement.

L'oculaire de la lunette d'observation du gravimètre est remplacé par un ensemble optique comprenant :

- 1) une lentille cylindrique placée avant l'image et qui raccourcit celle-ci dans le sens de la hauteur pour conserver suffisamment d'éclairement.
- 2) un objectif de projection qui fournit, de l'image précédente une dernière image agrandie et renversée, à environ 23 cm de distance.

Un film photographique de 35 mm (Kodak plus X) porté par un tambour de 6 cm de diamètre (vitesse de rotation 1 tour en 26 heures) reçoit la partie de la dernière image qui traverse une fente horizontale de 0,35 mm de large. La figure 2 donne les positions respectives de l'image par rapport à la fente et par rapport au film (ne pas oublier que l'image est renversée).

Sur le film développé se voient, dans ces conditions, deux lignes droites parallèles transparentes au voisinage des perforations et une courbe transparente correspondant à la variation de la position du fléau. L'une des deux droites peut servir de repère pour le dépouillement du film enregistré. La précision des lectures est facilitée par la présence de franges de diffraction fines de part et d'autre des repères et de l'image du fil. Elle est de l'ordre du microgal.

Les repères horaires sont obtenus par l'interruption (ou mieux par la diminution) de l'éclairage pendant deux minutes à chaque heure ronde.

Le système optique du gravimètre doit être réglé de telle sorte que, le fléau étant horizontal, l'image du fil porté par ce dernier se fasse aux environs de la division 4, à droite de la division centrale de l'échelle (fig. 2).

Le tambour portant le film enregistreur est placé à l'intérieur d'un carter amovible que l'on peut rendre étanche à la lumière au moyen d'un obturateur cylindrique. Ceci permet le fonctionnement de l'appareil en plein jour.

Un miroir incliné à 45°, placé juste au-dessus et en avant de la fente permet à tout instant de contrôler la position du fléau.

Tout le dispositif d'enregistrement, à l'exception du système optique, est supporté par un bâti lourd et rigide, indépendant du gravimètre.

### III. Montage électrique - Principe général :

Le montage électrique adjoint au gravimètre a été établi pour remplir au mieux les trois rôles suivants, déjà mentionnés plus haut :

- 1) Alimenter les thermostats à partir du secteur alternatif et ainsi supprimer les inconvénients de l'emploi d'accumulateurs (variations de tension, recharges périodiques, etc...)
- 2) Eviter les accidents de chauffe, d'une part en éliminant toute possibilité de 'collage' des relais, d'autre part, en mettant automatiquement en circuit un accumulateur de secours, lors d'une panne éventuelle de secteur.

3) Stabiliser au maximum la température de l'enceinte interne du gravimètre en égalisant automatiquement la durée de chauffe et celle de refroidissement et en allongeant au maximum cette durée commune (1)

Nous allons exposer maintenant les moyens que nous avons employés pour atteindre les buts précédemment définis.

#### IV. Alimentation des thermostats en courant alternatif :

Les deux relais électromagnétiques du gravimètre North-American ne fonctionnent pas en courant alternatif et il ne semble pas que l'on puisse, sans apporter de grande modification à l'appareil, l'alimenter directement par une source de tension alternative. La solution que nous avons adoptée comporte l'emploi d'un montage électronique auxiliaire dont nous allons exposer le principe.

Pour simplifier, nous envisagerons le cas d'un seul thermostat. Considérons le schéma de la figure 3. A l'intérieur du rectangle pointillé nous avons figuré le schéma du circuit électrique d'un thermostat du gravimètre. Seuls les points A, B, C, D, E, F de ce circuit sont accessibles à l'extérieur de l'appareil : A et B sont les deux bornes d'arrivée du courant, C, D, E, F sont quatre douilles du support du relais (ce dernier doit être enlevé). Le fonctionnement du montage est le suivant :

La batterie d'accumulateurs étant remplacée par une source de tension alternative de 6 volts, lorsque le thermomètre établit le contact (enceinte trop chaude), le primaire du transformateur  $T_2$  est soumis à cette tension; la tension de 120 volts fournie par le secondaire est redressée et polarisée au-delà du 'cut-off' la penthode 6L6, montée en triode, et, par l'intermédiaire du relais  $R_1$ , le circuit de la résistance chauffante est ouvert, etc ...

La résistance de polarisation cathodique du tube 6L6 est réglée de telle sorte que, la grille n'étant pas polarisée, le courant plaque soit de 40 ma. Le relais  $R_1$  est choisi en conséquence : il doit travailler à partir de 30 ma et supporter un courant permanent de 40 ma. Dans ces conditions et parce que la résistance de la bobine du relais peut s'élever au-delà de 1.000 ohms, la force de rappel de la palette mobile peut être rendue telle que tout'collage' devient impossible, ce qui n'est le cas des relais du gravimètre.

---

(1) La température moyenne de l'enceinte n'est égale en effet à la température de référence (celle définie par le thermomètre à contact) que si la durée de chauffe et celle de refroidissement sont égales. Si cette condition est remplie, l'augmentation de la durée commune diminue l'amplitude des variations périodiques de température.

Le redresseur utilisé pour la polarisation de la grille du tube 6L6 est une valve électronique 6X4 pouvant débiter une cinquantaine de milliampères; le courant effectivement demandé étant une fraction de milliampère, la durée de ce tube est pratiquement très grande d'autant plus que, dans ces conditions d'emploi, la tension de chauffage du filament peut être abaissée à 5 volts au lieu de 6 $\sqrt{3}$ .

#### V. Dispositifs de sécurité :

Si l'on prend soin de n'utiliser que du matériel de haute qualité, très largement prévu, il ne peut y avoir panne de chauffe que si le tube 6L6 vient à se détériorer ou lors d'une panne de secteur. Nous avons donc prévu deux dispositifs de sécurité.

1) L'ensemble du tube 6L6 et du relais R<sub>1</sub> (fig.3) est doublé. Le deuxième tube (non figuré) n'a de point commun avec le premier que la grille de commande et la haute tension. Son courant plaque commande un deuxième relais R<sub>2</sub> (non figuré) identique au premier et qui n'a de point commun avec celui-ci que les points E et F. Un dispositif de contrôle, constitué par deux lampes-témoins qui s'allument lorsque les relais R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> sont en position de travail, permet de se rendre compte à tout instant du bon état des deux tubes 6L6. Les relais R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> doivent donc posséder deux contacts 'travail' entièrement distincts.

2) La haute tension des tubes 6L6, les tensions de chauffage des thermostats et des différents tubes sont obtenus à partir du secteur alternatif par l'intermédiaire d'un transformateur auto-régulateur de tension. Celui-ci fonctionne correctement pour une tension primaire comprise, par exemple, entre 90 et 130 volts. Dès que la tension du secteur s'abaisse à 90 volts, un conjoncteur-disjoncteur à seuil réglable, comprenant un relais électromagnétique à courant alternatif ou tout autre dispositif analogue, branche les points C, D, E, F au relais ordinaire du gravimètre et les points A et B à un accumulateur de secours. La manoeuvre inverse s'effectue automatiquement quand la tension du secteur remonte au-dessus de 100 volts. L'enregistrement n'est pas irrémédiablement interrompu lors d'une panne ou même d'une faiblesse momentanée du secteur.

#### VI. Stabilisation de la température de l'enceinte interne :

Pour stabiliser au maximum la température de l'enceinte interne, il faut égaliser la durée de chauffe et celle de refroidissement et augmenter au maximum cette durée commune.

Il est clair que la première condition est remplie en donnant à la tension de chauffage du thermostat, appliquée entre A et B (fig. 3) une valeur convenable, ajustée automatiquement selon les variations de la température extérieure (qui se répercutent sur celle de l'enceinte externe) et selon les variations des deux températures de référence. Ces dernières variations sont vraisemblablement très faibles et lentes et ne contribuent que pour une part minime à la dérive du gravimètre, que l'on sait éliminer (Ann. de Géoph, T. 12 fasc.I pp. 59-71).

L'augmentation de la durée commune de chauffe et de refroidissement est obtenue très simplement en branchant, entre les bornes E et F (fig. 3) une résistance qui vient ainsi shunter le contacteur du relais. Dans ces conditions, le courant circulant dans la résistance chauffante du thermostat ne s'annule jamais. Le cycle chauffe-refroidissement est évidemment d'autant plus long que la résistance-shunt est plus petite mais on ne peut le rendre infini car le principe même de la régulation par thermomètre à contact s'y oppose. En pratique, nous avons constaté qu'on ne pouvait guère dépasser la valeur de quatre minutes (deux minutes de chauffe, deux minutes de refroidissement), durée obtenue avec une résistance-shunt de un ohm et une tension de chauffage de 5,5 volts.

Le dispositif que nous avons adopté pour égaliser automatiquement la durée de chauffe et celle de refroidissement est décrit dans les lignes suivantes :

Un rhéostat est disposé dans le circuit primaire du transformateur de chauffage du thermostat. Il est choisi de telle manière que sa variation totale produise une variation de la tension secondaire de 0,5 de part et d'autre de 5,5 volts. La position du curseur est réglée par un petit moteur biphasé à champ tournant, convenablement démultiplié (le dernier axe du réducteur de vitesse doit faire un tour complet en deux minutes et demie environ). Le sens de rotation du moteur s'inverse automatiquement lorsque le thermomètre à contact établit ou coupe le courant. Cette opération est déclenchée par un relais commandé par le courant plaque du tube 6L6. Le sens de rotation est tel que, pendant la chauffe, la tension de chauffage du thermostat tende à ~~augmenter~~. Pour éviter le 'pompage', le moteur n'entraîne pas constamment le rhéostat mais ne commence à agir, après l'inversion du sens de rotation, qu'au bout de deux minutes et demie environ, temps supérieur à la durée commune de chauffe et de refroidissement. De cette manière, la tension de chauffage du thermostat ne varie que si cela est nécessaire.

Le schéma du montage est représenté par la figure 4.

Dans le montage réalisé, le rhéostat n'est pas disposé directement dans le circuit primaire du transformateur de chauffage mais par l'intermédiaire d'un auto-transformateur à prises multiples qui facilite beaucoup les réglages. A titre d'indication : la self-inductance totale de l'autotransformateur est de 10 henrys et l'enroulement comporte 6 prises intermédiaires effectuées aux 6/12, 7/12, 8/12, 9/12, 10/12 et 11/12; la résistance totale du rhéostat est 300 ohms.

Le doigt porté par le moteur biphasé (fig. 4) est élastique (lame de ressort) et échappe à l'ergot porté par l'axe du rhéostat lorsque le curseur de ce dernier arrive à bout de course.

#### VII. Modification à apporter au circuit électrique du gravimètre :

Les deux thermostats du gravimètre étant alimentés par deux tensions différentes, l'une fixe pour l'enceinte externe, l'autre

automatiquement variable pour l'enceinte interne, les deux circuits de chauffage doivent être séparés. Ils peuvent cependant avoir un fil commun, qui sera réuni à la masse. Les modifications très simples à apporter au montage électrique du gravimètre ont été portées sur le schéma fourni par le constructeur (fig.5). On notera l'addition sur la platine supérieure de quatre douilles (à l'extrême droite sur la figure) court circuitées par deux cavaliers pour l'emploi du gravimètre en prospection. Elles permettent, en position d'enregistrement (cavaliers enlevés), l'alimentation de la lampe d'éclairage par une source indépendante et l'interruption de l'éclairement pour les marques horaires.

#### VIII. Etalonnage des enregistrements aux variations de la pesanteur et de la pression atmosphérique :

---

L'appareil, ayant été préalablement étalonné sur une base connue, il s'agit de trouver le rapport entre les rotations du bouton-cadran et les déplacements de l'image du fil sur les enregistrements. Les lectures faites directement sur le cadran ne sont pas suffisamment précises, aussi nous avons trouvé préférable d'utiliser un levier optique pour déterminer les rotations avec une précision au moins égale à celle des lectures sur les films (de l'ordre du microgal).

A cet effet, le bouton-cadran original a été remplacé par une pièce analogue, semblablement graduée, mais surmontée par un disque horizontal plan de quelques centimètres de diamètre. Sur ce disque, nous avons posé un miroir vertical dont le plan réflecteur passait par l'axe de rotation et nous avons déterminé optiquement les déplacements du cadran à l'aide d'une lunette et d'une demi-circonférence graduée, de 50 cm de rayon, concentrique au bouton. Les lectures étaient faites après avoir amené le cadran à sa position finale en le tournant toujours dans le même sens pour éviter l'effet très appréciable du jeu de la vis micrométrique.

Un article ultérieur donnera tous les détails voulus sur la pratique de l'étalonnage, aux variations de la pesanteur et aux variations de la pression atmosphérique.

NOTES.

1. Un questionnaire précis vient d'être envoyé aux Comités Nationaux ainsi qu'à tous les Instituts et chercheurs déjà engagés dans l'installation de stations d'observation des marées terrestres, afin d'obtenir les diverses caractéristiques de ces stations et de leur équipement.

Ces descriptions de stations seront reproduites dans les prochains bulletins d'informations.

2. Nous publions d'autre part dans ce bulletin la bibliographie de tous les articles parus récemment et qui ne figuraient donc pas dans la bibliographie qui a été établie en 1954 dans l'ouvrage : 'Les Marées Terrestres' de P. Melchior.

Bibliographie.

1) Commission pour l'Etude des Marées Terrestres (Groupe XIII - Gravimétrie - du Comité Spécial pour l'Année Géophysique Internationale). Rapports et Recommandations (Réunion de Paris - 7 septembre 1956) Comm. Obs. Royal Belgique, n° 100 S. Géoph. n° 36, 1956, 32pp.

2) Paul J. MELCHIOR Sur l'Effet des Marées terrestres dans les Oscillations du Niveau du Lac Tanganika à Albertville.  
Bull. Acad. R. Belg. 3 mars 1956 pp. 368-371 ou  
Comm. Obs. Royal Belgique n° 95, S. Géoph. n°35 1956.

3) A.K. IVANOVA Résultats préliminaires des observations des variations luni-solaires de la verticale à l'Observatoire Astronomique Engelhardt.  
Astr. Cirkuliar n° 157 p 7 1955.

4) V. PETR Beobachtungen der Gezeiten der Erdkruste in Brezové Hory.  
Bull. Astr. Inst. of Czechoslovakia VI, n°2 pp 27-32 1955.

5) J. JOBERT Influence du relief sur les déformations de la Terre dues à des charges superficielles  
C.R. 239 n°23 pp 1653-1655 1954.

6) H. JENSEN Diurnal Oscillation of the Vertical of Astronomic origin. Bull. Géod. suppl. au n° 34 1954 pp 458 - 460.

7) T. ICHINOHE Study on change of gravity with time.  
Part. I On the tidal variation of gravity.  
Part. II Repeated gravity surveys in the Kinki District  
Mem. Coll. Sc. Univ. Kyoto series A vol XXVII n° 3 pp. 289-316/317-334 1955

8) R. TOMASCHEK Tidal gravity measurements in the Shetlands. Effect of the total Eclipse of June 30, 1954.  
Nature 175 pp. 937-942 1955.

9) Boris STANOUDIN Enregistrements de la marée gravimétrique  
Mémoire présenté à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

10) R. LECOLAZET Application à l'analyse des observations de la marée gravimétrique, de la méthode de H. et Y. Labrouste, dite par combinaisons linéaires d'ordonnées. Annales de Géoph. 12, fasc. 1 pp. 59-71 1956.

11) I.D. JONGOLOVICH. Les éphémérides approximatives du Soleil et de la lune pour 1955-1960 et le nomogramme auxiliaire pour le calcul de l'influence luni-solaire sur la pesanteur.  
Bicoulet. Inst. Theor. Astron. VI n° 5 (78) pp. 312-345 1956.

12) R. NEUMANN Rôle joué par la correction luni-solaire en prospection gravimétrique.  
Geophysical Prospecting II n° 4 pp. 290-305 1954.

13) Variation périodique de la gravité.  
C.R. Comité Nat. Français Géod. Géophys. 1954 pp. 71-72

14) Paul J. MELCHIOR Composantes harmoniques de la marée dans la nappe chaude de Kiabukwa (Congo belge).  
Acad. R. Belg. Bull Cl. Sc. XLI pp. 204-208 1955 ou  
Comm. Obs. R. Belgique n° 82 S. Géoph. n° 31 1955.

Tambour portant le film (vitesses : 1 tour en 26 heures)

Volet obturateur cylindrique

Ouvvert

Fermé

miroir à 45°

Objectif de projection S.O.M.  
Berthiot C12cr 1s1,5  
focale 2 cm

Lentille cylindrique  
focale 1,5 à 2 cm

lunette du  
grav. obtro

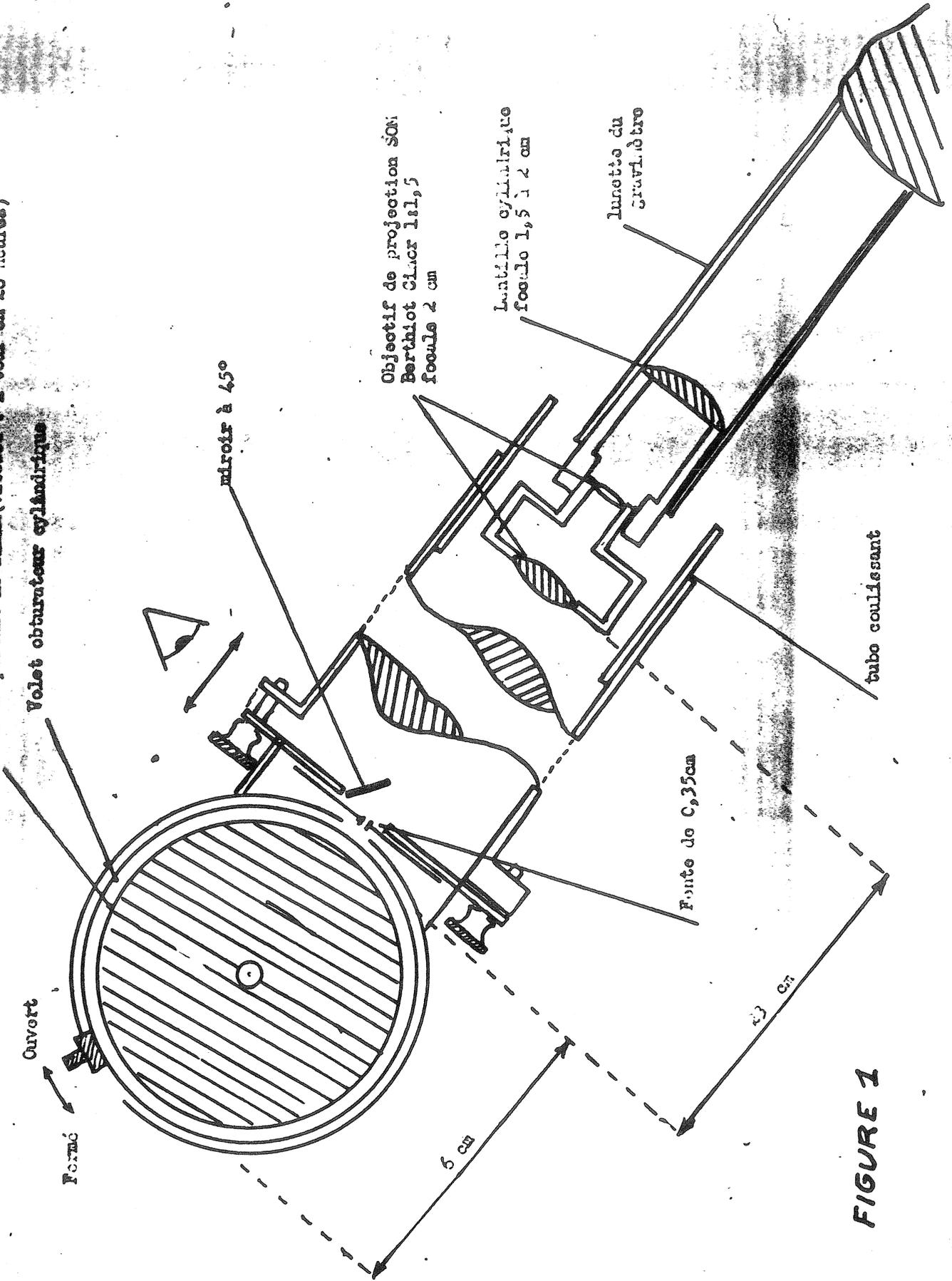
Fonte de C, 35cm

tubo coulissant

5 cm

23 cm

FIGURE 1



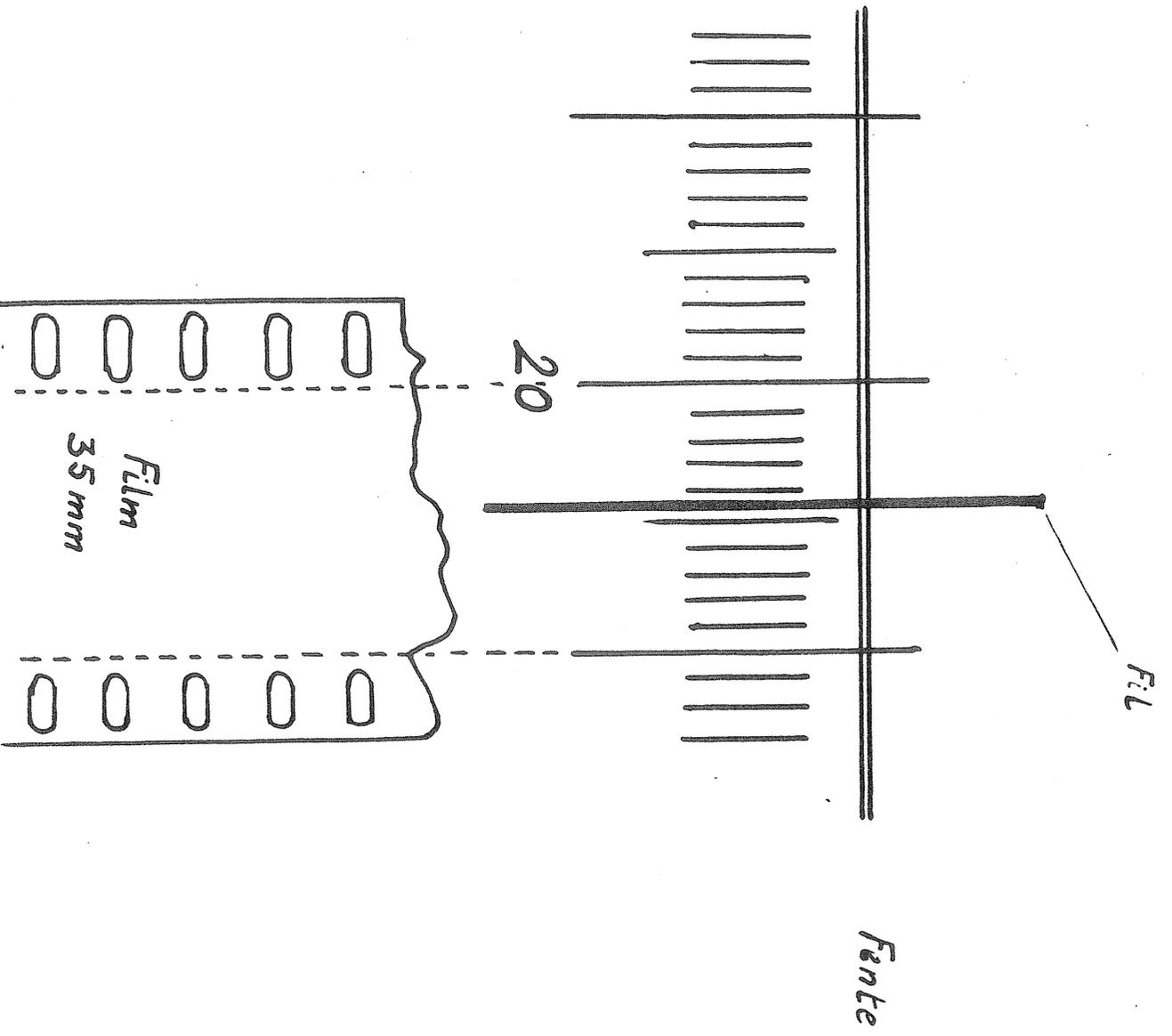
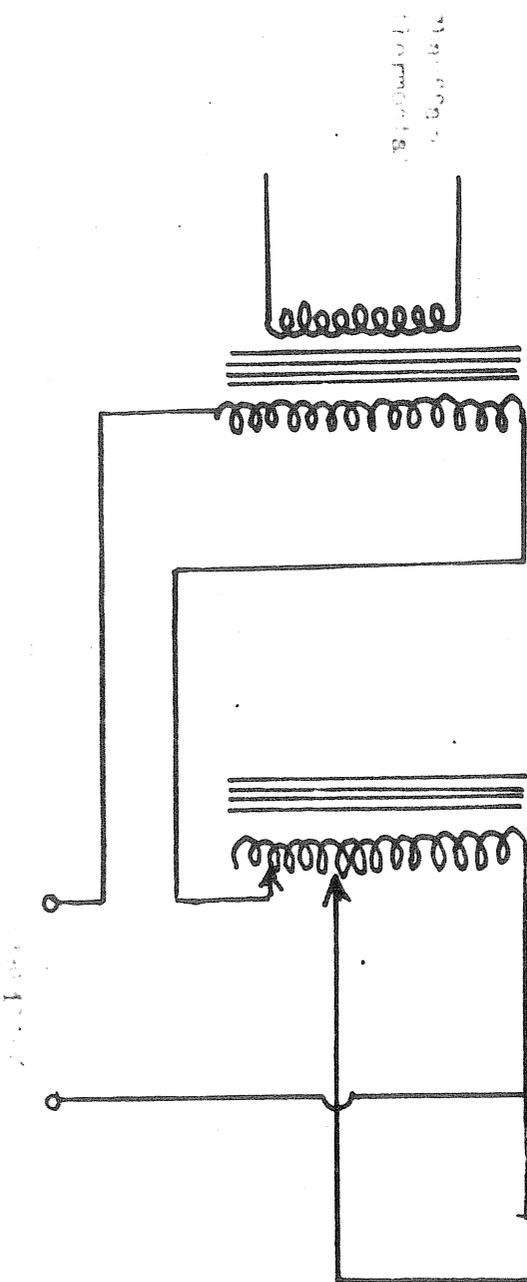


Figure 2

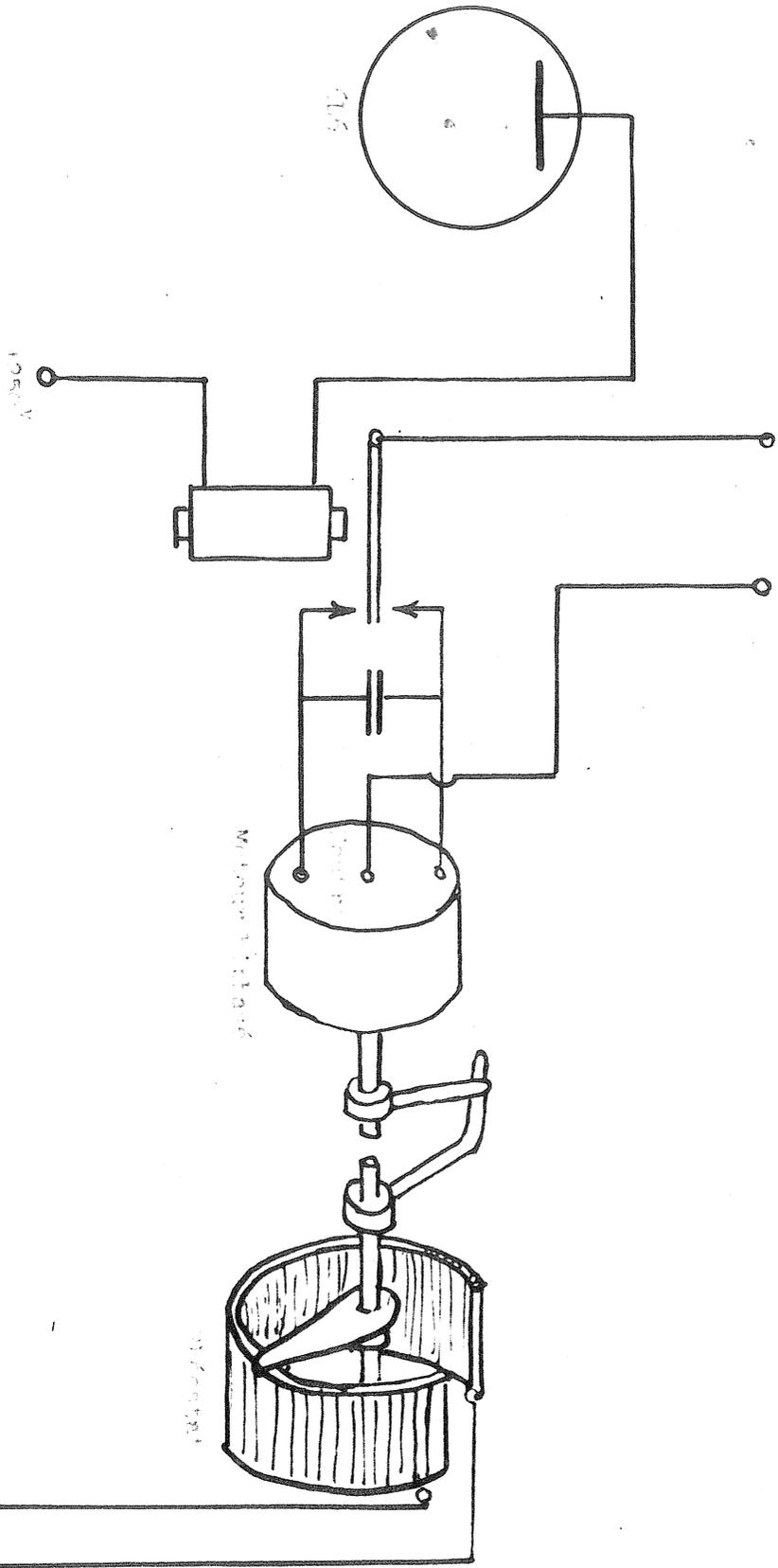


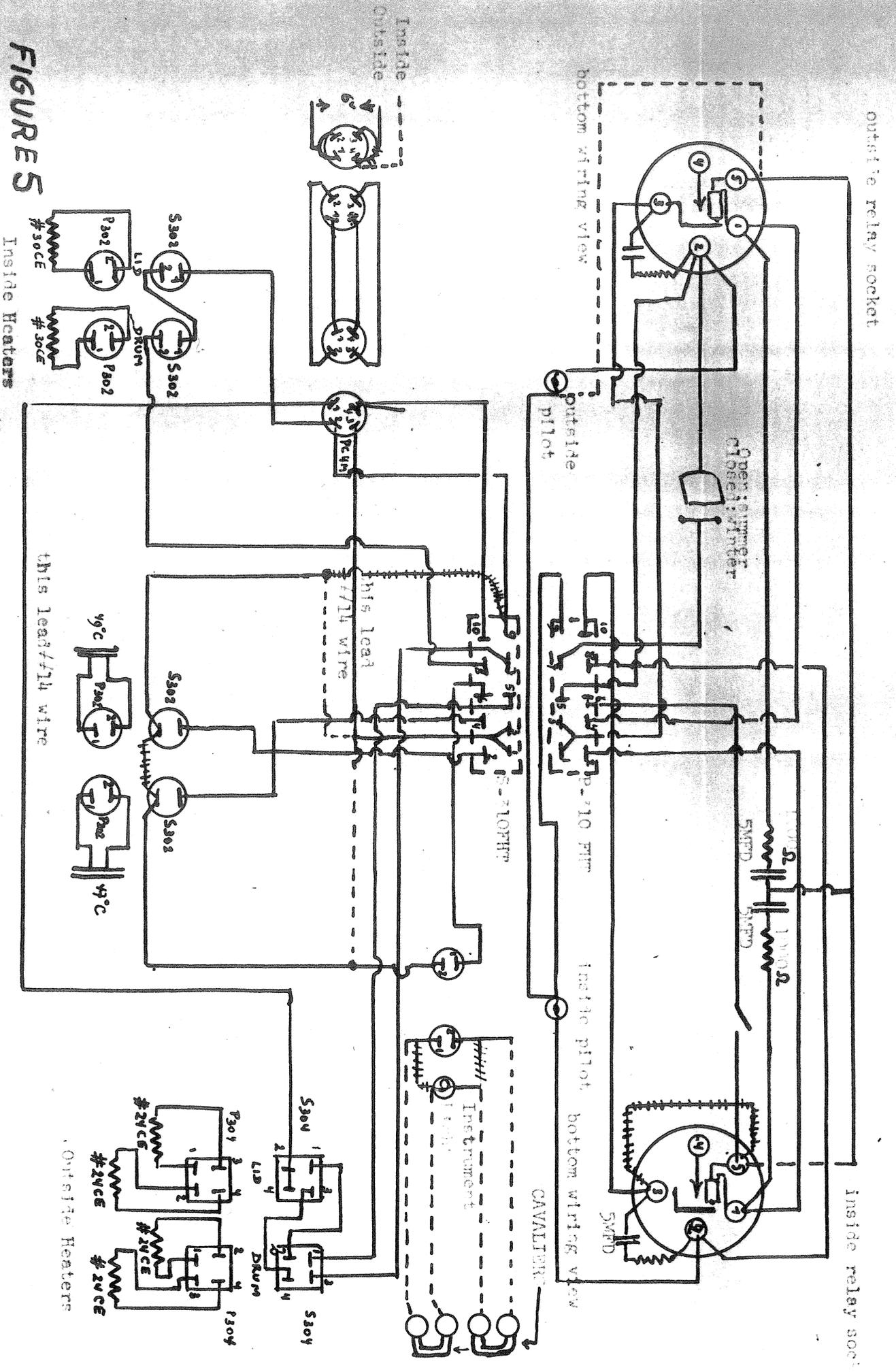
Figure 4



1000 turns

2000 turns





**FIGURES**

Connection to suppressor

Connection to stabilizer