50 376
1 958
22

50376
1958
22

F A C U L T E D E S S C I E N C E S

D E L I L L E .

MISE AU POINT D'UN MICROPHOTOMETRE ENREGISTREUR ; ETUDE DE QUELQUES PHENOMENES DE DIFFRACTION .

Diplôme d'Etudes Supérieures

de

Sciences Physiques

par

Etienne DEFFONTAINES.

BIBLIOTHEQUE INTERUNIVERSITAIRE
SECTION DE SCIENCES
LILLE

soutenu le 28 Juin 1958 devant la Commission d'Examen :

MM. Roig Président

GLACET
LEBRUN } Examinateurs.

Le sujet de ce travail m'a été proposé par Mr Norbert Segard. Il a été effectué sous sa direction dans les laboratoires de la Faculté libre des Sciences de Lille et de l' I.S.E.N.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de toute ma gratitude.

Je remercie Messieurs Roig , Lebrun et Germain de la bienveillance avec laquelle ils ont suivi ce travail,dont ils ont accepté de former le Jury.

Puis-je associer à ces remerciements Messieurs Lepoutre, Verhoye et Pouliquen ainsi que le personnel du laboratoire de Physique pour l'aide qu'ils m'ont apportée au cours de ces expériences.

I N T R O D U C T I O N .

La première partie de ce travail est consacrée à la mise au point d'un microphotomètre enregistreur (type Chalonge et Lambert) à cellule photoélectrique à multiplicateur d'électrons.

Nous avons réalisé un montage donnant des résultats linéaires ou logarithmiques.

- A tension d'alimentation constante, le courant du photomultiplicateur est proportionnel au flux lumineux.
- A courant constant, la tension est une fonction logarithmique du flux lumineux.

Dans la deuxième partie, nous avons repris l'observation de quelques figures de diffraction.

Nous avons d'abord essayé de nous affranchir de la plaque photographique, en plaçant le photomultiplicateur directement devant le faisceau lumineux.

Nous n'avons pas pu vérifier parfaitement les résultats théoriques concernant les intensités des maxima et des minima pour la figure de diffraction donnée par une fente fine à travers un orifice circulaire . La dissymétrie mise en évidence dans des travaux précédents n'a pas été éliminée.

PREMIERE PARTIE

MISE AU POINT D'UN MICROPHOTOMETRE ENREGISTREUR.

CHAPITRE I . PRINCIPE ET DESCRIPTION DE LA PARTIE MECANIQUE .

Le principe de l'appareil est le suivant : (fig I.)

On projette, à l'aide d'une lentille et d'un prisme à réflexion totale, l'image du filament rectiligne d'une lampe à incandescence sur une fente fine de largeur réglable , qui remplace l'oculaire d'un microscope.

L'objectif forme de cette fente, une image sur la plaque photographique à étudier ; la largeur de l'image pouvant être réduite à environ 20 μ .

Le flux lumineux traverse la plaque, puis est concentré par une lentille sur la cathode d'une cellule à multiplicateur d'électrons 93I A. La lentille permet d'éclairer presque toute la surface de la photocathode ,

I°- pour obtenir un meilleur rendement,

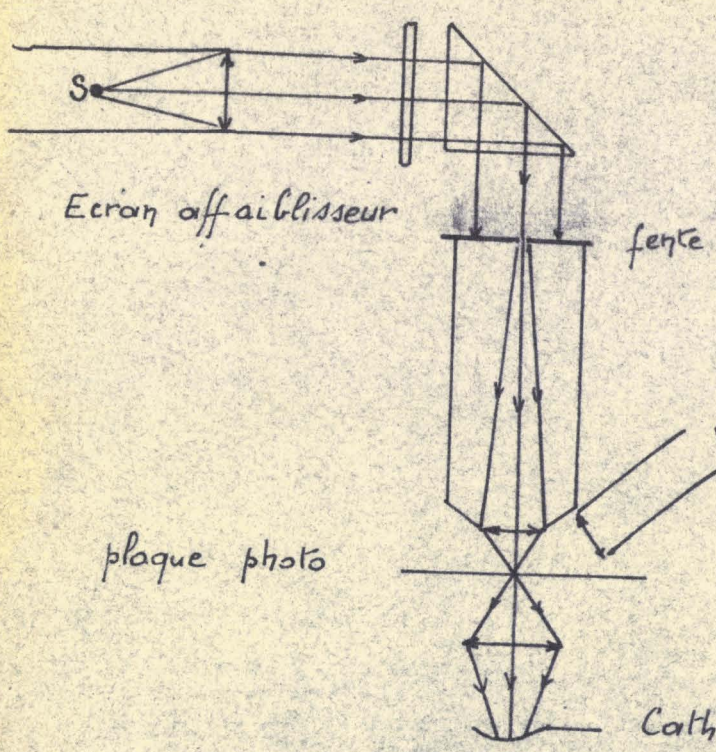
2°- pour éviter de diminuer le pouvoir émissif d'un point de la surface sensible

Le courant du photomultiplicateur est mesuré par un appareil enregistreur, après adaptation de l'impédance.

L'interposition d'écrans affaiblisseurs avant le prisme permet de réduire notablement le flux lumineux . Un petit viseur latéral fixé sur le corps du microscope permet de vérifier la netteté de l'image et la mise en place du cliché. Cette opération est facilitée en éclairant le cliché par le dessous à l'aide d'un écran diffusant blanc.

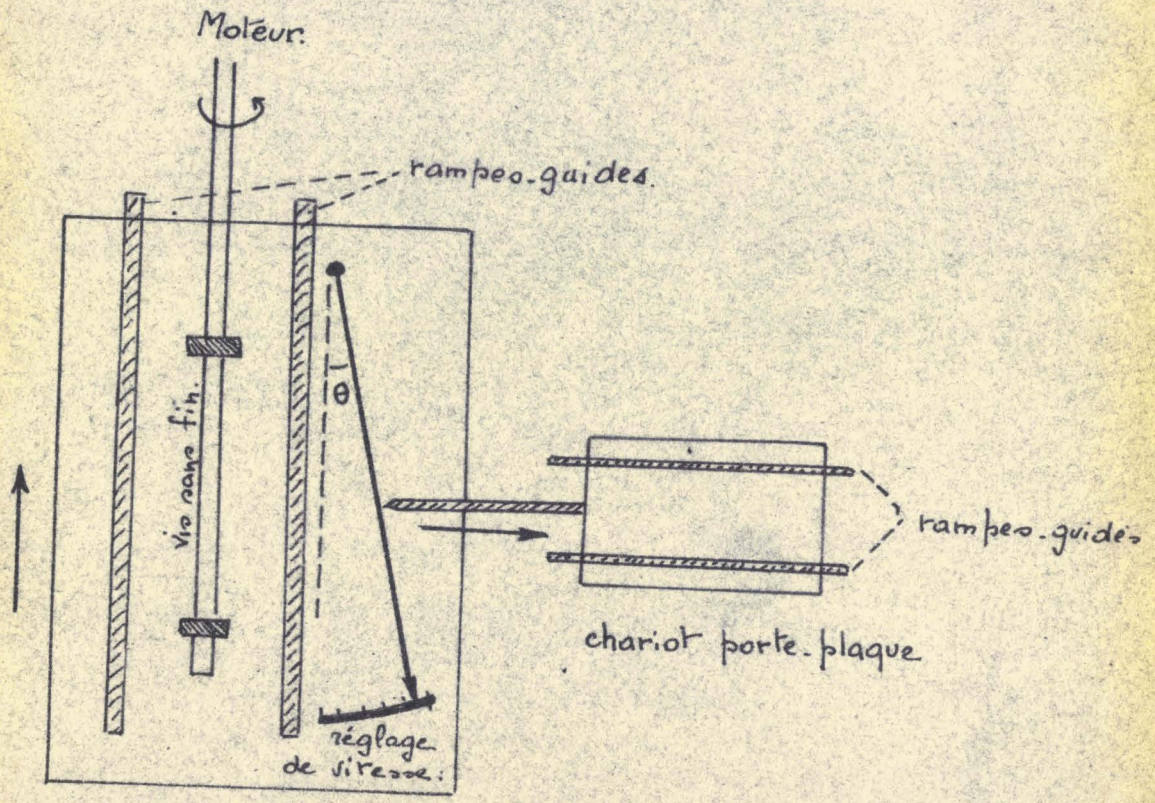
Dans le dispositif original, le mouvement de la plaque photographique était commandé par celui du chariot portant le papier sensible où s'enregistrait le photogramme. A cet effet, le chariot porte à sa partie inférieure une barre faisant un angle variable θ avec la direction de translation et sur laquelle glisse une tige rigide fixée à la platine porte- plaque ; celle-ci se déplace donc dans une direction perpendiculaire ; la valeur de θ (0° à I0°) assure des vitesses de passage différentes du cliché.

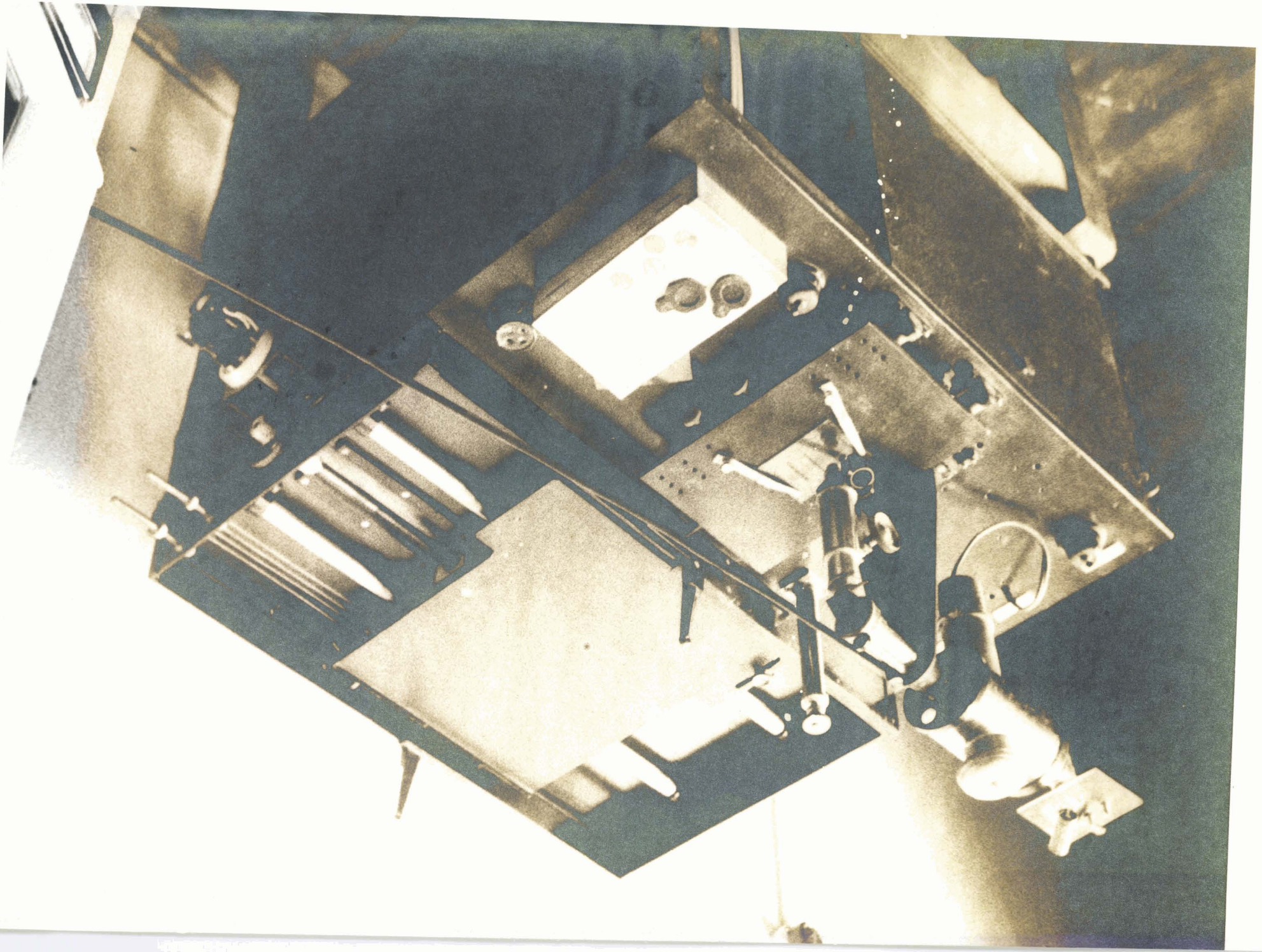
Nous nous sommes affranchi de l'enregistrement photographique en remplaçant le galvanomètre prévu par les constructeurs Chalange et Lambert (I) . Pour celà , nous nous sommes servi d'un millivoltmètre enregistreur Philips de type P R 2200 A/25B . Nous enregistrons ainsi directement sur papier.



Figures 1.

BU LILLE





Le déroulement du papier et le glissement du chariot sont assurés par 2 moteurs synchrones . Nous avons en particulier adopté pour le défilement du chariot 2 moteurs synchrones Sapmi tournant en sens inverse et couplés à un même engrenage pour disposer d'un couple de 500 g/cm. Nous avions mesuré approximativement le couple avant l'installation des moteurs ;il était inférieur à 500 g/cm. Ce dispositif permet d'étudier un phénomène en 30 minutes.Nous sommes cependant limités au choix d'un angle θ supérieur à 2° ou 3° au détriment des détails plus fins , car la réalisation mécanique des transmissions n'étant pas parfaite,le déplacement ne se fait plus régulièrement.

CHAPITRE II . MESURE DE LA LUMIERE RECUE PAR LE PHOTOMULTIPLICATEUR.

I . ALIMENTATION DU P.M.

La première solution que l'on aurait pu envisager est évidemment celle de stabiliser la tension de chaque dynode par des diodes à gaz en série (fig 2).

Ce montage necessite 9 tubes stabilisateurs. Il ne permet pas de modifier la sensibilité du photomultiplicateur puisque la d.d.p. entre dynodes est fixée une fois pour toutes à 75,85 ou 105 volts suivant le type de tubes utilisé.

De plus,ces stabilisateurs peuvent brusquement changer de tension aux bornes si la zone de gaz ionisé se déplace. Ils présentent aussi des variations lentes de leur tension d'ionisation.

Nous avons donc choisi un diviseur de tension alimenté par une haute tension régulée. Pour des raisons d'isolement d'appareil de mesure,il est plus interessant de connecter l'anode du photomultiplicateur à la masse.

1°/ La Haute Tension (fig 4).

Un tube E Y 51 chauffé par un enroulement bien isolé redresse une alternance. Une résistance R_1 en tête de filtre permet d'amener la haute tension à la valeur désirée et de limiter le courant de crête de la diode. Le filtrage est assuré par 2 condensateurs de 0,5 microF. isolés à 6000 volts et une résistance R_2 de 100 KΩ.

Nous obtenons une tension V_o = 1200 volts.

2°/ La Régulation .

- Principe . (fig 3).

Elle réalisée par une résistance variable commandée par la haute tension et placée en série avec le circuit d'utilisation.
C'est une penthode dont la tension de grille est prélevée sur un diviseur de tension à la sortie.
La tension à ses bornes V' se retranche de la tension redressée V_o et l'on a à la sortie $V = V_o - V'$; si / V / augmente,la grille devient plus négative. La résistance apparente du tube augmente, / V' / augmente et donc / V /diminue.

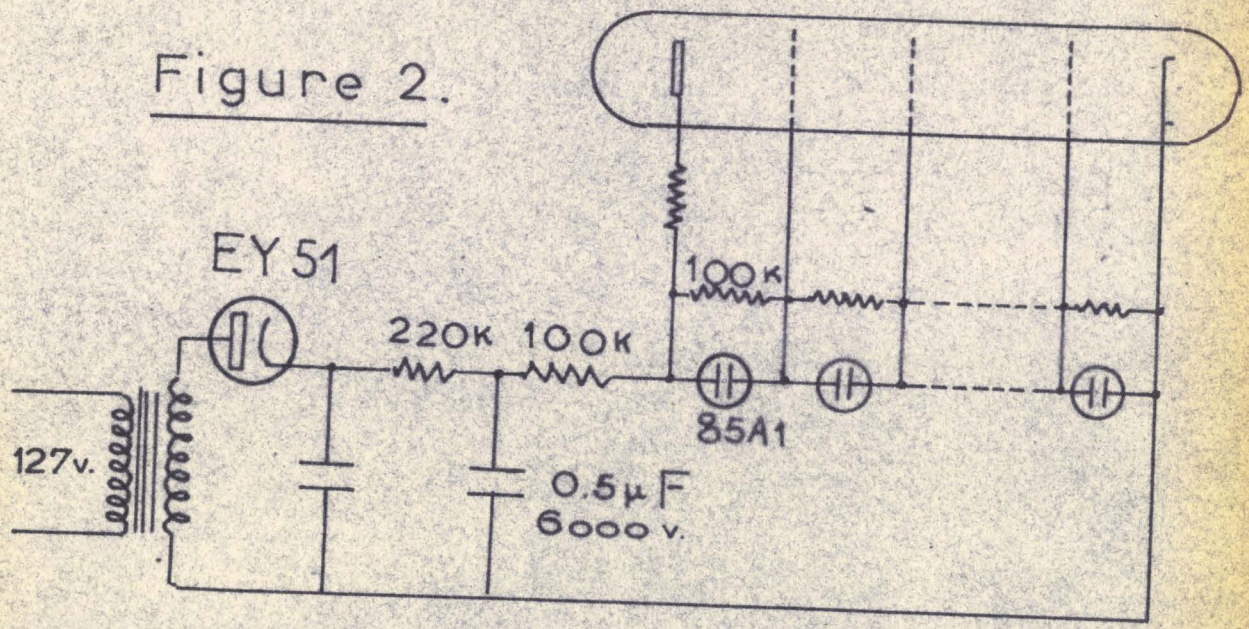
- Réalisation . (fig 4).

Nous avons choisi une E F 50 . Elle peut supporter entre son anode et sa cathode la totalité de V_o lorsque le tube est bloqué. Elle possède de plus une forte pente (s = 6 ,5 mA/V),ce qui permet une régulation plus poussée.

Le diviseur de tension est en fait entre le - H T et le + 85 volts stabilisés ,fourni par une autre source. Par ce procédé , la variation de tension V_2 sur la grille de l'E F 50 ,pour une variation V de la tension V est nettement supérieure à la variation V_1 qui serait obtenue si le diviseur de tension était branché à la masse.

931 A

Figure 2.



BU LILLE

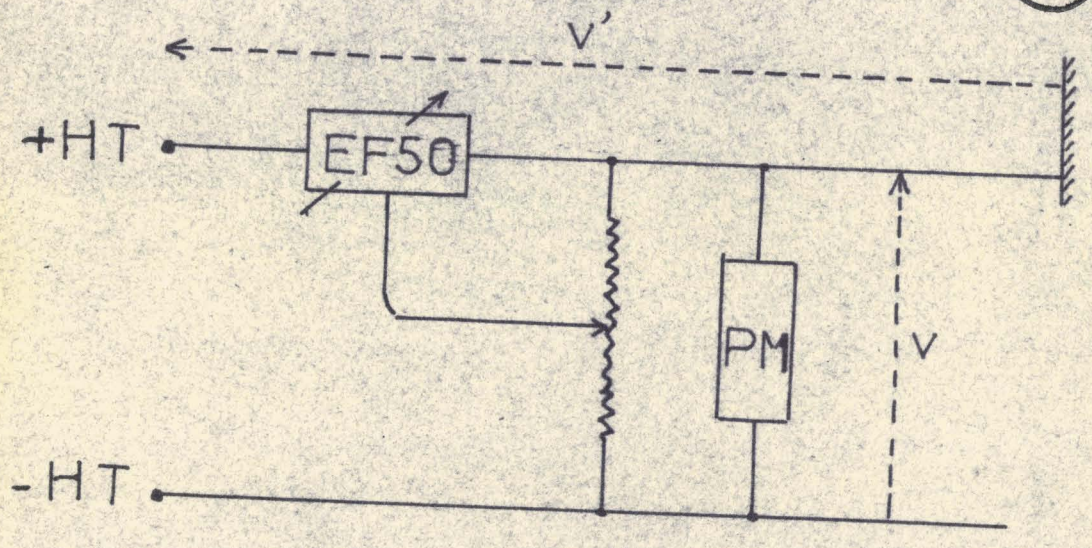


Figure 3.

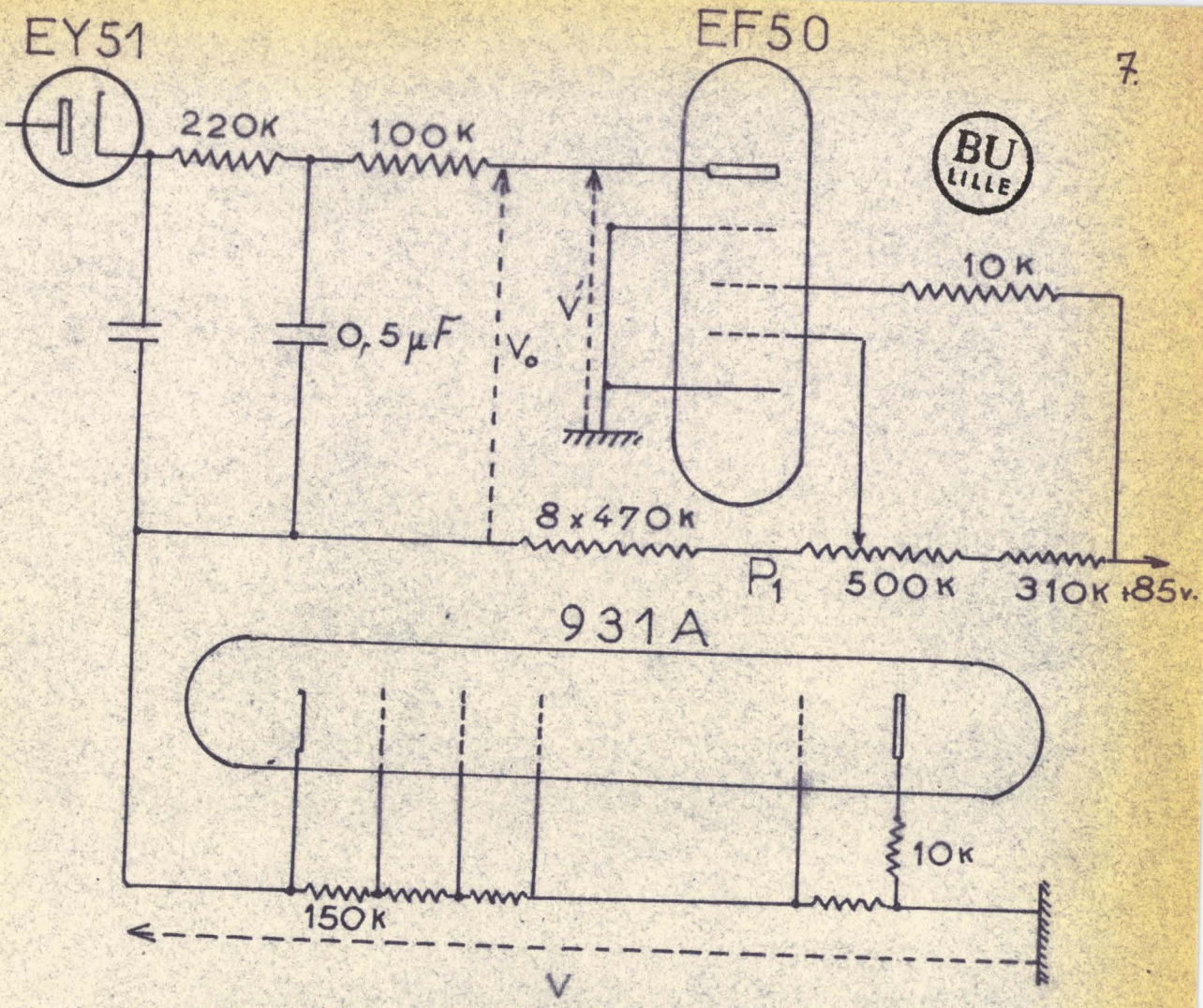


Figure 4.

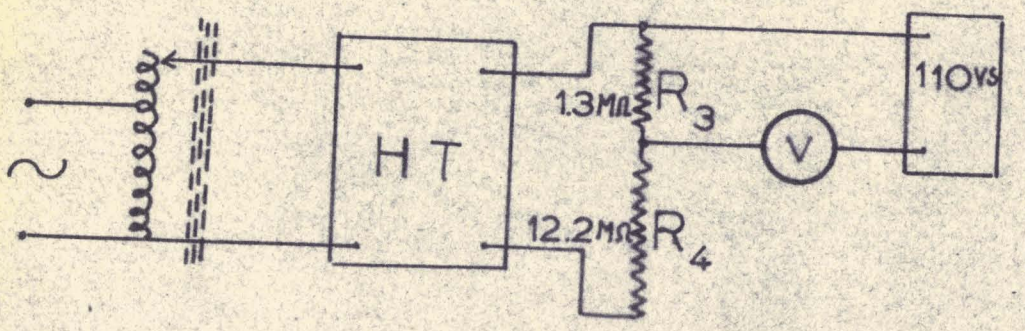
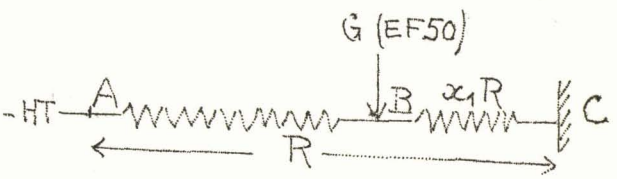


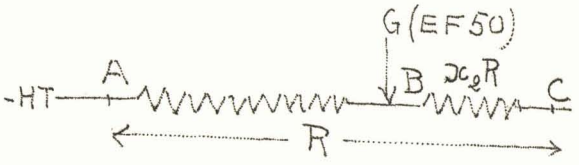
Figure 5.

En effet: Soient
R la résistance totale A C ,R ~ 5MΩ
xR la fraction de résistance
comprise entre C et B dans le Ier cas



-HT ~ -I200 volts
$V_{CB} \sim -2$ volts
$x_I \sim \frac{I}{600}$

x'R pour le second cas



$V_{CB} \sim -87$ volts
$x_2 \sim \frac{87}{I200} \sim \frac{I}{I5}$

Dans le Ier cas, V_I sur G: $V_I = \frac{x_I R}{R} = x_I$ V ,

Dans le 2^d cas, $V_2 = x_2$ V ,

Or x_2 est 40 fois plus grand que x_I .

- Mesure de la stabilité . (fig 5).

Méthode . Nous disposons d'une tension stabilisée de référence de II0 volts. Le voltmètre électronique de mesure est placé comme l'indique le schéma entre la tension de référence et un pont diviseur R_3 R_4 branché aux bornes de la source dont on effectue les fluctuations .

Nous simulons les fluctuations du secteur par l'intermédiaire d'un alternostat branché entre le secteur et l'alimentation étudiée.
Le voltmètre électronique mesure les variations de tension autour de II0 volts.

Mesures . La tension moyenne du secteur a été choisie de II0 volts et celle de la source d'environ 700 volts.
Le voltmètre électronique marquait ainsi une d.d.p. entre les deux sources de 0,78 v.

Fluctuations du secteur	-20 v	-I0 v	+I0 v	+20 v
Fluctuations de la source	+0,22 v	+0,I2 v	-0,I8 v	-0,28 v

Donc, pour des variations de ± 20 % du secteur, on obtient des fluctuations de ± 0,28 % de l'alimentation.
Elles apportent toutefois pour cette mesure une variation plus importante du courant dans le PM. Le courant était de 62 microampères, il a varié de ± I,6 % pour ± I8 % du secteur.

3°/ Le diviseur de tension fixant le potentiel de chaque dynode est constitué par I0 résistances de I50 KΩ I % à couche.

II . FONCTIONNEMENT LOGARITHMIQUE .

Le montage précédent nous donne un courant proportionnel au flux lumineux. Ceci est interessant pour l'analyse du noircissement d'une plaque photographique. Au contraire, si nous désirons faire des mesures directes de flux lumineux pouvant être faibles et d'intensités fort variables, nous devons envisager une mesure logarithmique et une sensibilité maximum, résultats qui nous étaient donnés par l'usage de la plaque photographique.

Or nous avons trouvé un article de Oemichen (2) nous signalant la possibilité de fonctionner de manière linéaire et logarithmique . Il reprenait une idée de W.L.Clink (3).

- Principe .

Si nous traçons pour le photomultiplicateur le réseau de caractéristiques V en fonction du flux lumineux à courant constant, nous obtenons une loi sensiblement exponentielle. Il en résulte que pour un courant anodique donné, la tension d'alimentation varie sensiblement comme le logarithme du flux lumineux.

Pour obtenir un courant anodique constant, au lieu de commander la chute de tension V' dans notre penthode par la tension d'alimentation, nous emploierons une tension proportionnelle au courant anodique (fig 6 et 7).

Si l'éclairement de la photocathode augmente, le courant anodique tend à croître, ce qui polarise négativement la grille de la penthode, d'où une diminution de la tension d'alimentation de la cellule qui s'oppose à l'augmentation du courant anodique.

Le potentiel de la grille de la penthode varie peu, et si la résistance de charge est assez grande, nous pouvons obtenir en première approximation que le courant de cellule soit constant.

La lecture de la tension d'alimentation par un simple voltmètre permet de connaitre le flux lumineux.

Ce montage permet d'autre part de couper presque complètement la tension d'alimentation de la cellule dès que celle-ci est fortement éclairée, ce qui la protège des flux lumineux puissants sur sa cathode lorsqu'elle est sous tension. Dans un montage classique, un tel choc peut mettre la cellule hors d'usage, ou tout au moins altérer gravement et en général définitivement sa sensibilité.

- Réalisation . (fig 8).

Un inverseur double K_1 K_2 permet le commutation linéaire-logarithmique.
En linéaire , l'appareil de mesure se place aux bornes de la résistance de charge R_5.
En logarithmique, on mesure une fraction de la tension d'alimentation sur le potentiomètre P_I .

L'écran du tube E F 50 est en fait porté au 150 v. stabilisés avec une résistance de 33 KΩ.

III . VOLTMETRE .

Oemichen proposait une double triode 6 S N 7 en étage adaptateur à liaison symètrique, l'appareil de mesure étant placé entre les 2 cathodes (fig 9).

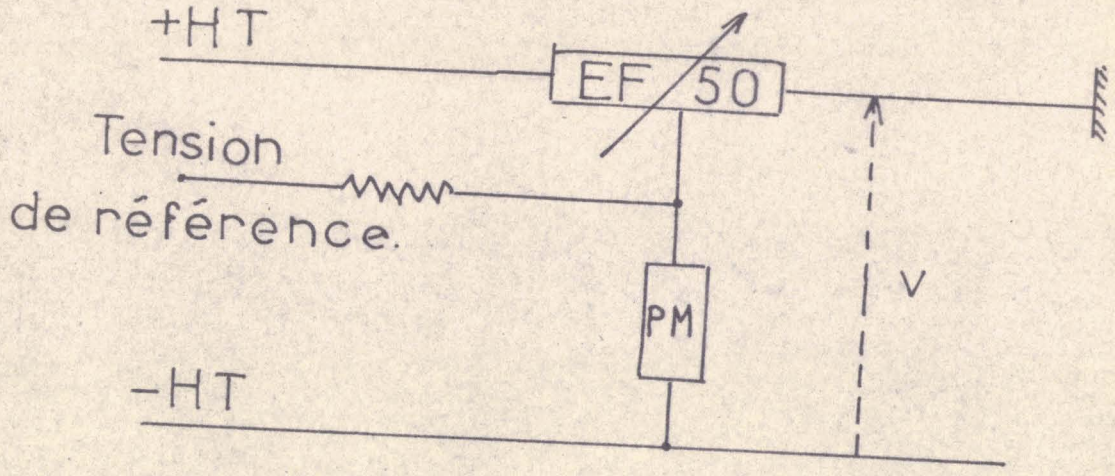


Figure 6.

BU LILLE

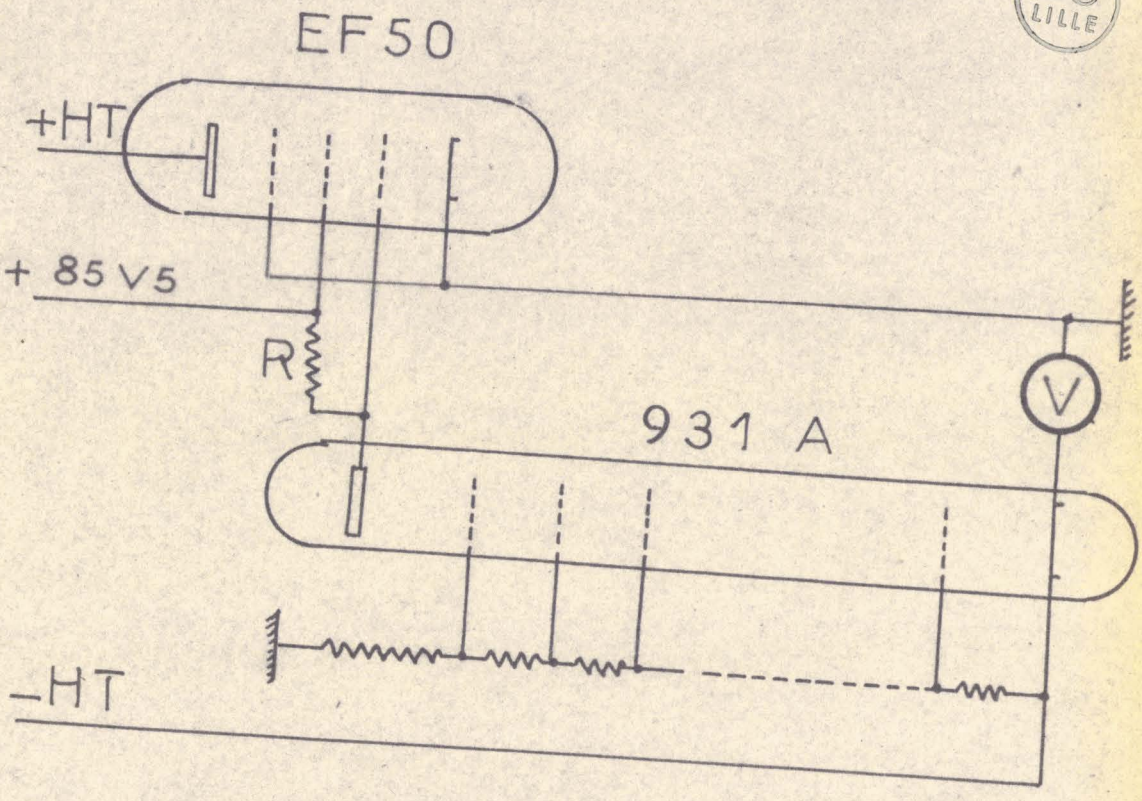
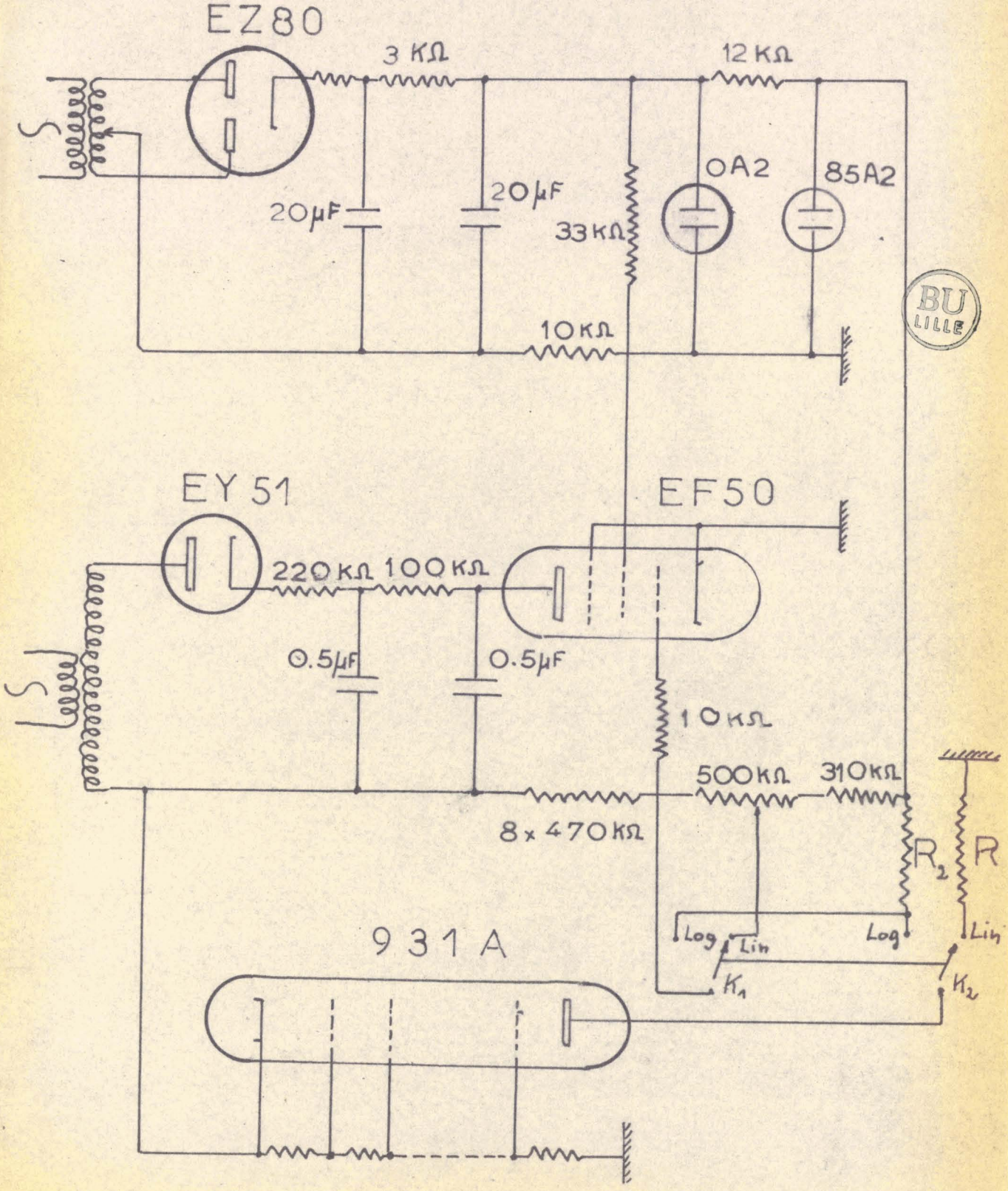


Figure 7.

Figure 8.



BU LILLE

BU LILLE

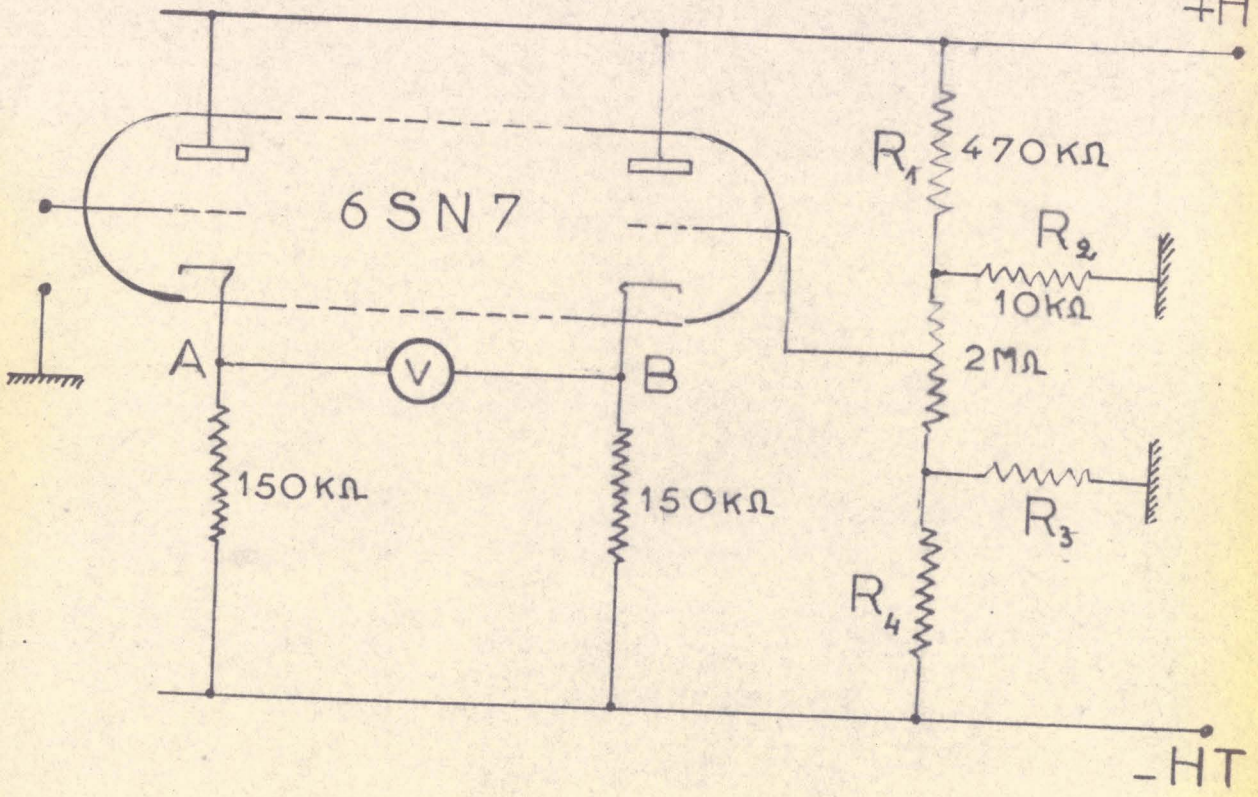


Figure 9

La tension à mesurer est appliquée à la grille du tube T_1 . Les diviseurs de tension R_1 R_2 et R_3 R_4 nous fournissent des tensions de +1,8 v et -2,5 v. Le potentiomètre de 2 MΩ permet d'appliquer à la grille de T_2 des tensions variant de -2,5 v à +1,8 v afin d'obtenir le zéro.

L'impédance d'entrée de l'appareil de mesure doit être de l'ordre de 2000 Ω / v . Le millivoltmètre Philips necessite une impédance beaucoup plus faible, de l'ordre de 200Ω comme nous l'a indiqué le constructeur. Nous avons été obligé d'adjoindre un étage supplémentaire de puissance avec 2 pentodes 6 V 6 .

Cette installation devrait fonctionner, mais la 6 S N 7 n'est pas parfaite, et présente un léger courant de grille que l'on peut réduire en sous chauffant le filament. Oemichen avait trouvé, après sélection, une 6 S N 7 ayant un courant de grille inférieur à 2.10^{-10} A, de sorte que pour 2000 MΩ entre la grille et la masse, il n'avait que 0,2 volt. Notre 6 S N 7, de qualité inférieure, nous imposait d'augmenter le signal et donc de diminuer la sensibilité.

Une solution plus rapide fut de faire appel à un appareil compensant le courant de grille et permettant une bonne adaptation d'impédance.
Le polymesureur "ERIC" des Ets Lemouzy est spécialement étudié pour ce travail .

CHAPITRE III . ETUDE DU POLYMESUREUR (4 , 5).

Cet appareil permet de mesurer des tensions sans changer la source ou, en d'autres termes, sans emprunter d'énergie à cette dernière.

I . PRINCIPE (fig IO) .

On substitue à la tension e inconnue , un générateur de f.e.m. $e' = e$ dont la résistance interne est faible. Il suffit alors de mesurer e' avec un voltmètre ordinaire.

Cette substitution devra se faire sans necessiter d'énergie de la part de la source . Pour atteindre ce but, on pourrait brancher e sur la grille d'un tube électromètre T dont l'isolement serait d'une centaine de MΩ et réaliser avec ce tube un amplificateur cathodique classique de gain égal à l'unité. Mais dans ce cas, l'énergie demandée à la source , bien que faible, ne serait pas nulle, puisque l'impédance d'entrée est de l'ordre de 100 MΩ .
C'est pourquoi on procède différemment.

La tension admise sur la grille précédente ne sera pas e mais $e - e'$; le système devra délivrer une tension e' croissante avec la quantité $e - e'$. Une fois atteinte l'égalité des tensions e et e', $e - e'$ s'annulera et e' cessera de croitre. Quand le système aura atteint cet équilibre, puisque la tension admise sur la grille sera nulle, aucune énergie ne passera de la source au système , et celà quel que soit l'isolement de cette électrode.

On réalise ainsi la classique mesure de f.e.m. par la méthode d'opposition, le polymesureur étant un pont à réglage automatique.

Ce procédé présente encore un inconvénient grave. Chacun sait en effet que tous les tubes électroniques délivrent un courant de grille, même si cette électrode est polarisée négativement, puisqu'elle peut toujours capter les ions positifs que renferme encore l'ampoule et les électrons émis par la cathode avec une vitesse initiale non nulle.

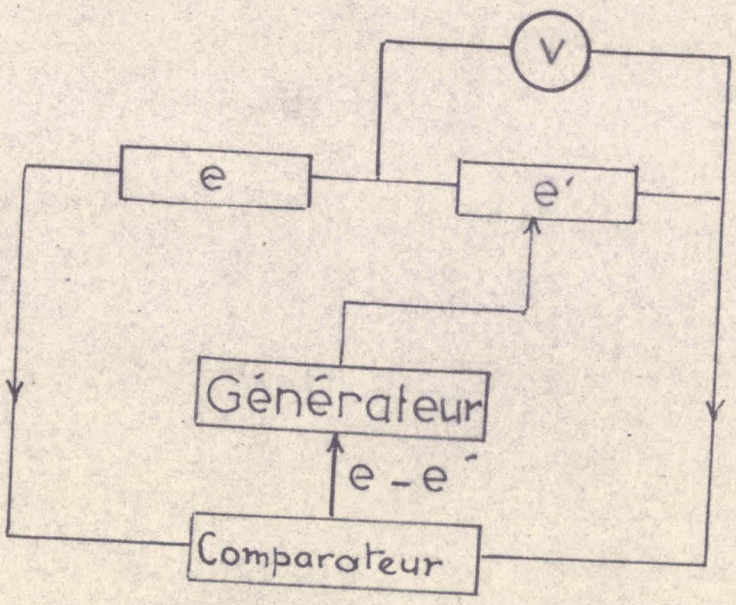
Ce courant, en traversant les générateurs de f.e.m. e et e' de résistance interne différente créera des chutes de potentiel différentes qui fausseront les mesures. Il faudra compenser ce courant par un courant de sens opposé.

Cette compensation sera facilitée par le fait que la d.d.p. cathode-grille du tube d'entrée reste constante quelle que soit la tension à mesurer. Elle ne sera donc fonction que du tube et de son alimentation. Il sera possible pour un tube donné de créer un courant de compensation dépendant des fluctuations du secteur alimentant le polymesureur.

II . VERS UNE REALISATION PRATIQUE .

La tension e à mesurer est appliquée aux bornes d'entrée d'un amplificateur de gain A réel par l'intermédiaire d'une résistance R (fig II). La tension de sortie est reportée aux bornes de R de façon que e et e' soient en opposition.

Figure 10.



BU LILLE

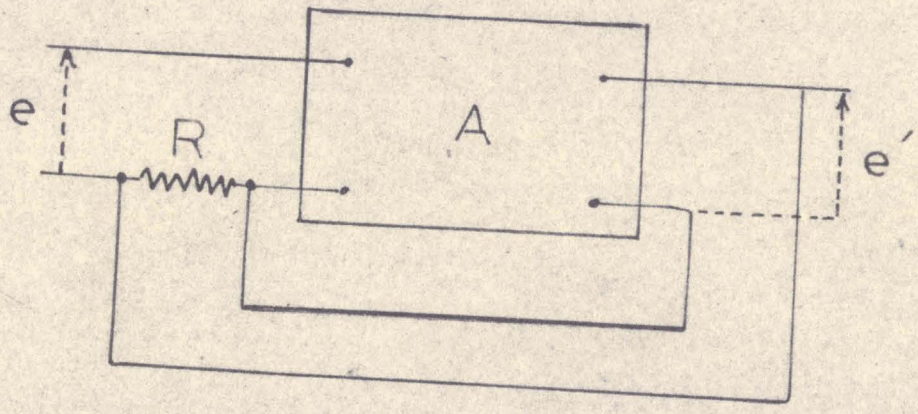
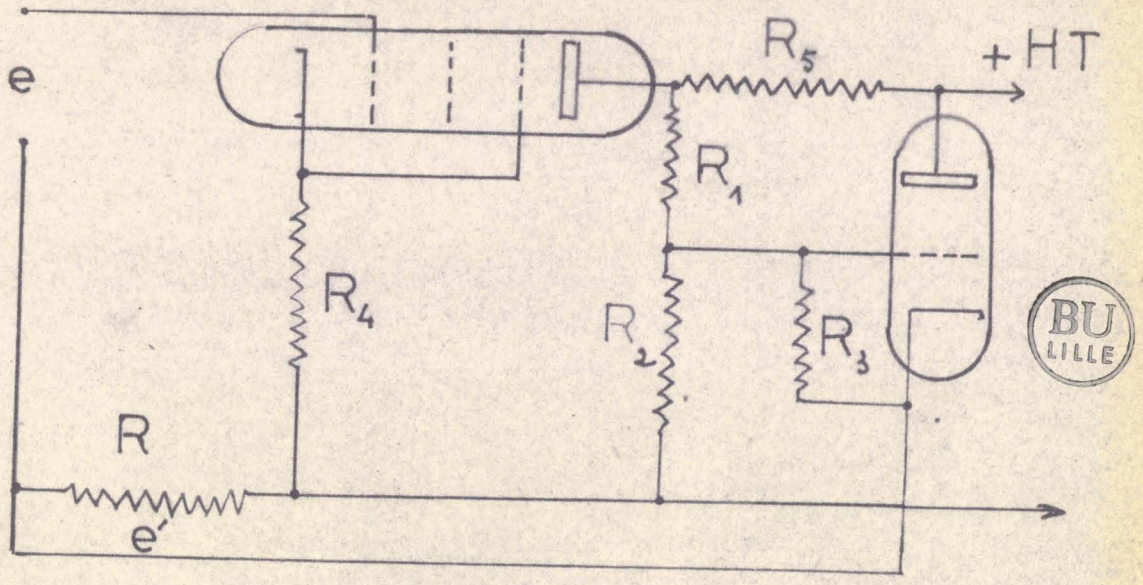


Figure 11.

Figure 12.



BU LILLE

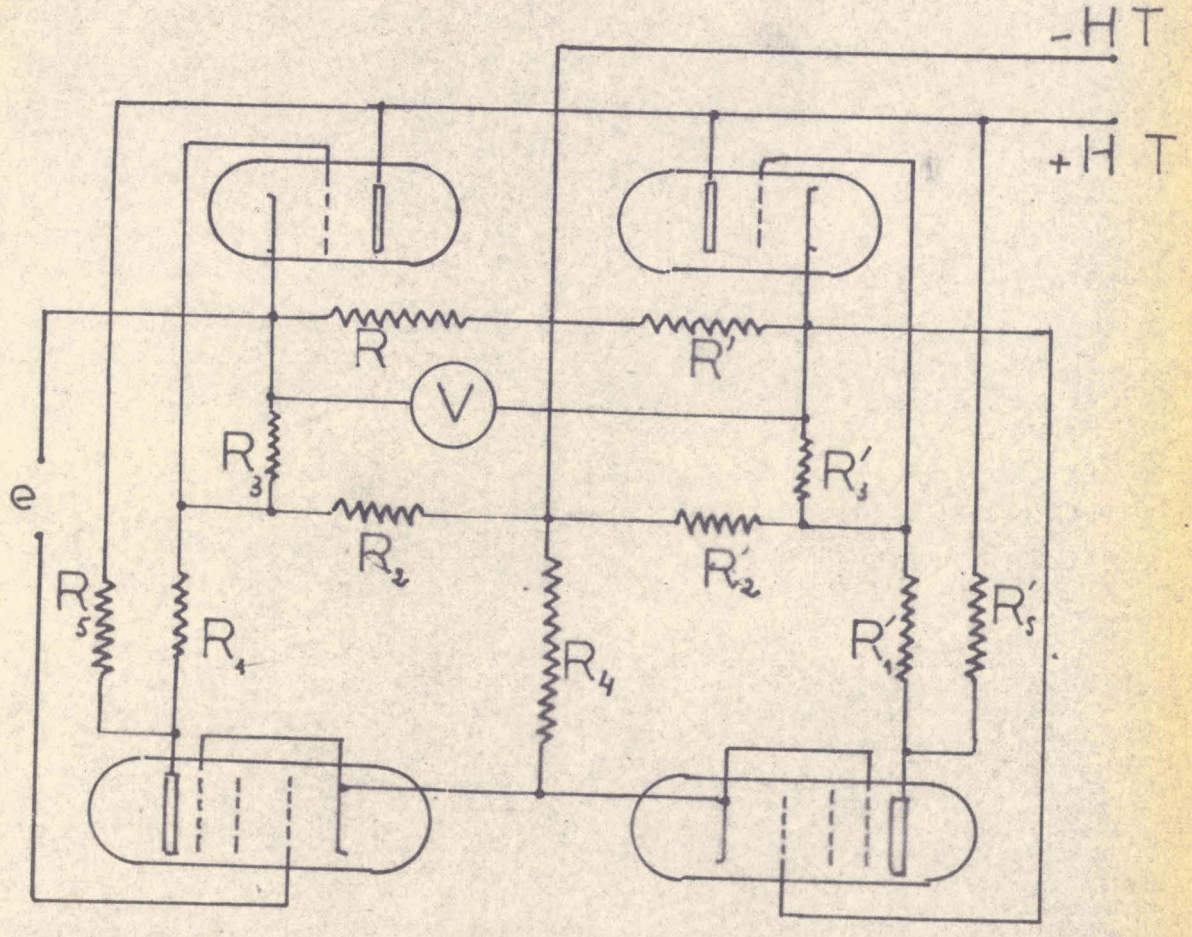


Figure 13.

Nous réalisons ainsi une contre-réaction totale. Le gain A' de l'amplificateur avec sa réaction devient

$$A' = \frac{A}{I - \beta A}$$ où β est le taux de réaction.

Nous voulons avoir $e = e'$, c'est-à-dire $\beta = \frac{I}{A} - I$.

Comme $\beta = -1$, il faut que A tende vers l'infini. L'amplificateur utilisé devra avoir un gain important. De plus , son impédance de sortie devra être très faible pour mesurer e' avec un voltmètre classique; l'ensemble sera donc constitué par une pentode à grand gain suivi d'un étage cathodique dont R constituera la charge.

Nous arrivons ainsi au schéma de principe de la figure I2 :
Les diviseurs de tensions R_1 R_2 , R_3 R_4 fixent la polarisation de la triode. Pour éviter les fluctuations de chauffage et les dérives, on rendra le système aussi symétrique que possible en utilisant 4 tubes au lieu de 2 (fig I3).

Afin de disposer d'un gain A important sans augmenter le nombre de tubes, nous pouvons réaliser une réaction positive par l'intermédiaire des écrans des tubes pentodes (fig I4) .Ce procédé aura de plus l'avantage de diminuer encore l'impédance de sortie.

La réaction positive s'effectue par l'intermédiaire des résistances R_6 et R_7 qui réunissent les plaques des tubes I et 3 respectivement aux grilles écrans des tubes 3 et I . La résistance variable R_8 de 5 MΩ permet de doser le taux de réaction et les capacités de I000 pF et I5000 pF servent aux découplages des anodes et des écrans. Le tauxde réaction doit être choisi en deçà du point d'accrochage.

Enfin, l'adjonction du potentiomètre de I50 KΩ permet le réglage du zéro de l'appareil de mesure quand aucune tension n'est appliquée à l'entrée.

En résumé , l'ensemble se comporte comme un convertisseur d'impédance que que l'on peut schématiser par un tripole (fig I5).

Si l'on place une f.e.m. entre les bornes I et 2 ,ce tripole crée une tension égale entre les bornes 2 et 3 .L'impédance d'entrée entre I et 2 est pratiquement infinie ($I0^7$ MΩ) mais par contre l'impédance de sortie entre 2 et 3 est pratiquement nulle.

III . CIRCUITS ANNEXES .

I°/ Amplificateur de sensibilité .

Pour augmenter la sensibilité des mesures, l'appareil crée une tension double de celle qui lui est appliquée entre les bornes I et 2 . Dans ce cas , on ne lui oppose que $e'/2$ selon le montage de la figure I6.La tension opposée à celle d'entrée est prise sur un pont diviseur constitué par 2 résistances de 50 KΩ branchées entre les cathodesdes tubes 2 et 4.Un commutateur permet de se dispenser de ce pont diviseur et de retrouver la sensibilité précédente.

2°/ Compensation du courant de grille .

Il faut remarquer que pour des variations de I0% du secteur qui alimente le polymesureur, nous obtenons des variations de 50 % des courants de grille.

Pour les compenser, on s'est servi d'une tension V de 5,8 v continue fournie

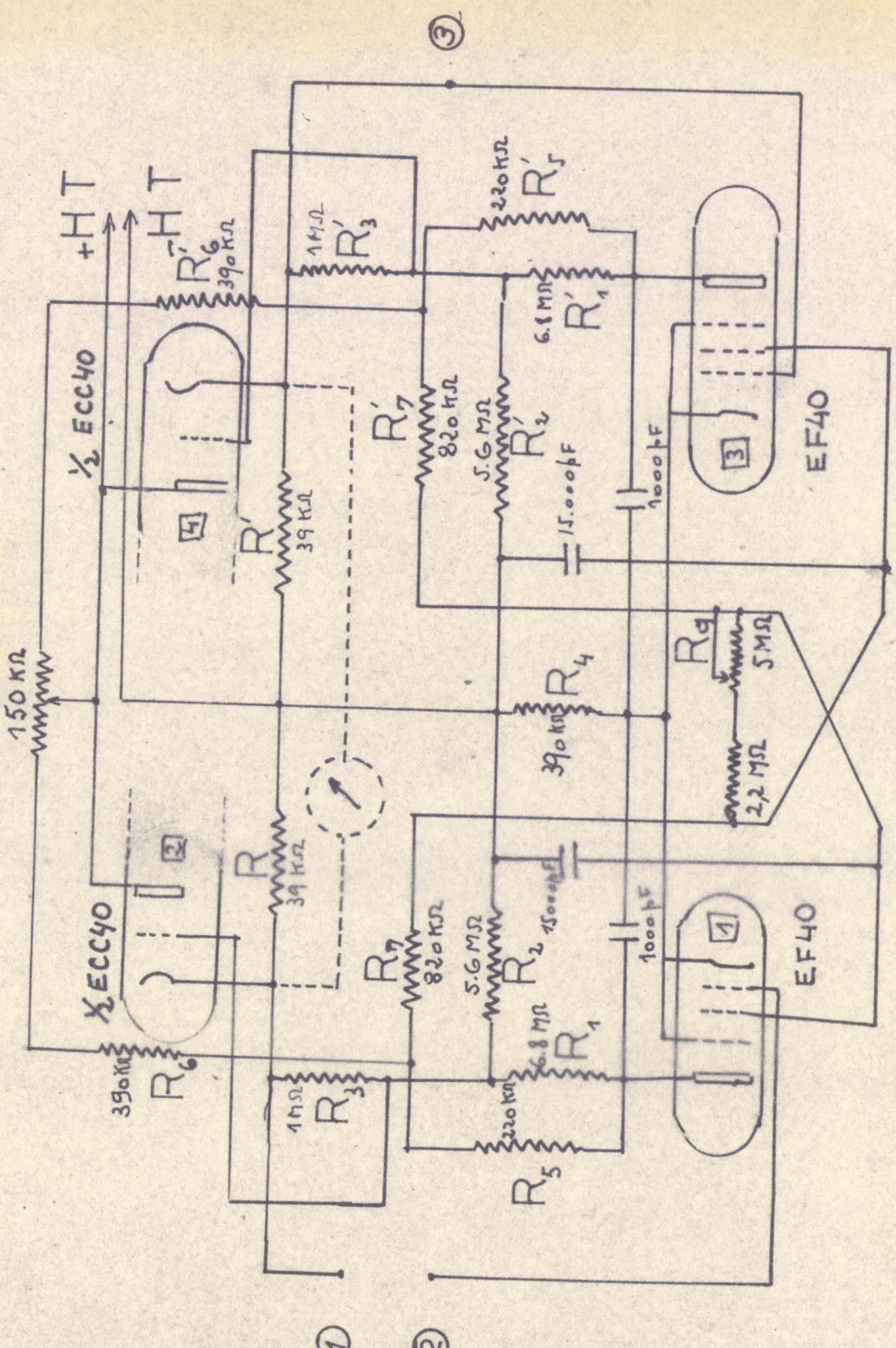


Figure 14.

BU LILLE

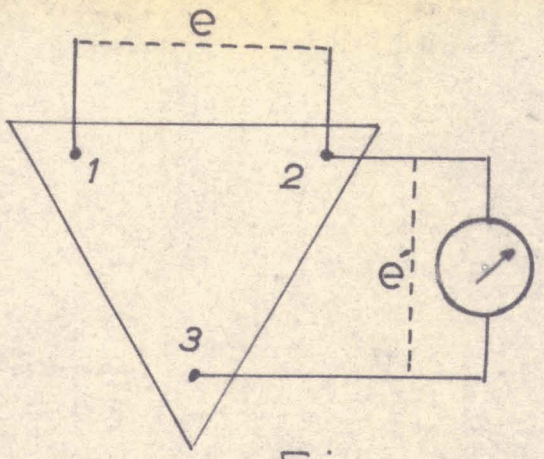


Figure 15.

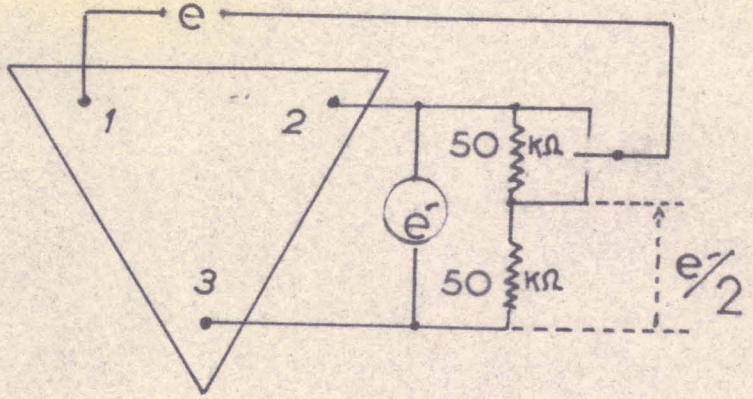


Figure 16.

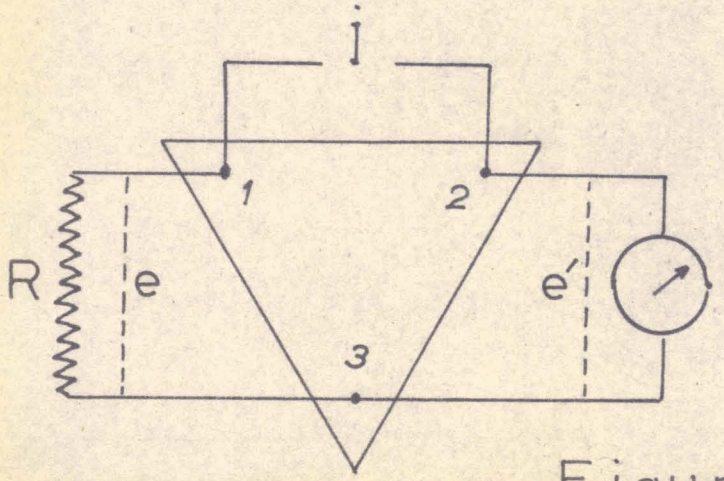


Figure 18

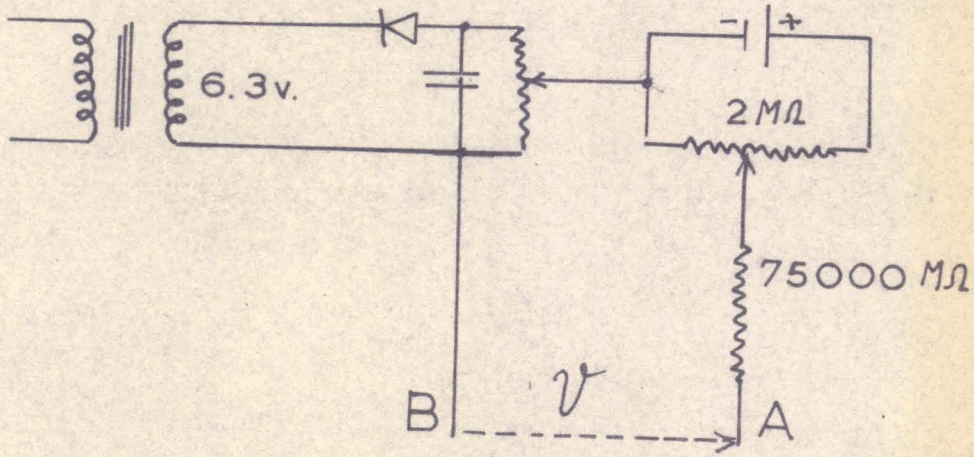


Figure 17.

par le réseau que l'on met en opposition avec la f.e.m. E de 4,5 v d'une pile.

$$V - E = I,3 \text{ volt.}$$

Pour une augmentation de IO % du réseau, V passe de 5,8 v à 6,4 v et

$$V - E = 6,4 - 4,5 = I,9 \text{ v.}$$

Cette dernière tension est bien 50 % plus grande que I,3 v.

Nous obtenons le schéma suivant (fig I7). La tension de compensation prise entre A et B est appliquée à travers une résistance de 75000 MΩ entre les bornes I et 3 puisqu'en effet, la d.d.p entre ces bornes est indépendante de la tension mesurée.

3°/ Calibre de l'appareil utilisé en voltmètre.

Le système électronique précédent fonctionne convenablement pour des tensions d'entrée comprise entre 0 et 20 v , c'est pourquoi les sensibilités Iv, 5v et 20v sont obtenues en ajoutant une résistance en série avec l'appareil de mesure. Pour les tensions d'entrée supérieures, on réalise un diviseur capacitif à l'entrée, ce qui permet d'avoir une déflection totale de l'appareil de mesure pour I00v , 500v et 2000v.

4°/ Utilisation en ampèremètre.

Réunissons par une résistance R les bornes I et 3 du tripole et appliquons l'intensité à mesurer entre les bornes I et 2 (fig I8).

L'impédance du convertisseur pouvant être considérée comme nulle, le courant est donc amené à parcourir la résistance R aux bornes de laquelle il provoque l'apparition d'une tension e; instantanément, le tripole créera une tension e' entre les bornes 2 et 3 de même sens que e. Tout se passe comme si la mesure d'intensité se faisait à impédance nulle puisque la chute de tension entre les bornes I et 2 est $e - e' = 0$.

Le choix des valeurs de R donne les différents calibres du polymesureur: I , 5 , 20 , I00 , 500 et 2000 microampères; dans ce mode de travail, le voltmètre dévie complètement pour e=5volts.

Nous sommes limité:

-du coté des faibles intensités par des valeurs trop grandes à donner à R car alors elles sont instables et mal définies.

-du coté des fortes intensités par des courants trop importants dans les circuits de sortie, ce qui provoque des déséquilibres interdisant toute mesure.

CHAPITRE IV . MISE AU POINT POUR LES MESURES LINEAIRES .

Nous avons utilisé le polymesureur pour mesurer le courant de cellule. Nous l'avons placé en série avec une résistance de protection de IO KΩ et le photomultiplicateur.

L'appareil de mesure a été remplacé par le millivoltmètre Philips qui permet d'apprécier 0,05 mV. Comme le polymesureur fournit 5 v à la sortie pour I μA ,nous pourrions théoriquement mesurer IO^{-11} A.

Mais nous avons constaté des fluctuations très importantes sur l'enregistreur même avant de mettre le PM sous tension. Le réglage du millivoltmètre était d'ailleurs très délicat et la sensibilité devait être réglée au minimum. On ne pouvait supposer une mauvaise adaptation d ' impédance pour le millivoltmètre,l'impédance de sortie du polymesureur étant très faible.

Deux causes possibles :

- Existence d'une composante alternative superposée à la tension continue à mesurer,
- Fluctuations du réseau.

I . EXISTENCE D'UNE COMPOSANTE ALTERNATIVE .

Un voltmètre alternatif placé à l'entrée de l'enregistreur donne 200 mV efficaces.

Nous avons vérifié avec soin le blindage de toutes les lignes de connection entre les appareils.

La ligne Haute tension non blindée qui reliait l'alimentation au PM formait antenne.Son blindage a réduit de 50 mV la composante alternative.

Enfin,la résistance de protection mal disposée par rapport à un transformateur présentait à ses extrémités I50 mV efficaces . Nous avons remplacé cette résistance bobinée par une résistance au graphite et nous l'avons éloignée le plus possible des sources de rayonnements.

Nous avons encore amélioré le filtrage de la THT par un condensateur de 0,5 microF. branché entre la haute tension et la masse.
Le réglage du millivoltmètre est alors possible.

II . FLUCTUATIONS DU RESEAU .

Nous avons simulé ces fluctuations à l'aide d'un alternostat.

Pour le millivoltmètre,une variation de IO % du réseau ne produit aucune fluctuation.

Pour le polymesureur,une variation de 5% entraine une variation de IO mV pour la mesure.Celle-ci ne correspond qu'à I / 5 ième de division pour l'appareil de mesure propre du Polymesureur,et elle était donc parfaitement admissible pour lui.

Nous pouvons envisager 2 solutions :

I°/ Réduire la sensibilité de notre appareil

Un diviseur de tension au I/IO ième permet de ramener la tension maximum fournie par le polymesureur à l'entrée de l'enregistreur à 500 mV. L'utilisation de la sensibilité 500 mV sur le millivoltmètre permet donc de donner la même échelle aux 2 appareils de mesure.

La sensibilité de l'appareil est encore de IO^{-8} A , ce qui correspond au courant d'obscurité du P M. Si l'on envisage de compenser le courant d'obscurité et de réduire ses fluctuations en refroidissant, les Ets Lemouzy construisent un boitier supplémentaire à leur appareil permettant de multiplier la s sensibilité par IOOO.

2°/ Stabiliser l'alimentation du Polymesureur.

Nous avons utilisé le stabilisateur du secteur Philips n° I5. La régulation est commandée par les variations de l'émission thermoionique de la cathode d'une diode à chauffage direct. La stabilisation est parfaite pour les fluctuations lentes mais non pour les impulsions.

Celà nous apporte une amélioration sensible.

Si l'analyse est suffisamment lente, les tops qui pourraient apparaitre à cause des fluctuations brusques du réseau seront facilement reconnaissables. Si elles étaient génantes, nous pourrions mettre à l'entrée un stabilisateur magnétique.

CHAPITRE V . MESURES EN LOGARITHMIQUE .

I . PRINCIPE .

La mesure en logarithmique se fait par la lecture de la tension d'alimentation . Pour éviter de mesurer 2000 volts ,Oemichen prend la tension en A au milieu du diviseur fixant la polarisation du tube E F 50 en linéaire. (fig I9)

Lorsque la haute tension varie de -300 v à - I200 v ,le potentiel de A varie de + 20 v à -I40 v. Pour réduire encore l'amplitude des variations , Oemichen utilisait un diviseur de tension de 24 MΩ entre A et la masse,de manière à ne pas perturber le circuit . Le voltmètre électronique constitué par le tube 6 S N 7 mesurait la tension aux bornes de 2 MΩ .

Cette tension varie de + 2 v à - I4 v ; elle permet donc l'utilisation du polymesureur en voltmètre , sans le diviseur capacitif à l'entrée.

La commutation se fait à l'aide d'un contacteur 2 fois 3 positions , et l'oubli de passer en fonction V sur le polymesureur ne peut pas présenter de danger,puisque nous avons 22 MΩ en série.

II . SENSIBILITE .

Elle est beaucoup moins grande qu'en linéaire pour des résistances de charge égales . Il nous faut en effet 85 v de chute dans celle-ci , sinon la grille de l' E F 50 serait trop positive . Nous avons donc adapté une résistance de I00 MΩ ,mais nous sommes limités par le courant de grille de l' E F 50 .

Pour travailler avec la plus forte sensibilité de l'appareil,de mesure, nous avons d'autre part intérêt à étudier des variations au voisinage de Zéro. Or dans la chaine -I200 v + 85 v ,le potentiel nul se trouve sur le potentiomètre P_I . Nous avons donc placé le diviseur de tension de 24 MΩ entre le curseur et la masse (fig 20) :Celà nous permet de placer l'appareil de mesure à son zéro pour l'éclairage moyen auquel nous soumettons le P.M. Nous obtenons déjà une sensibilité meilleure .

III . AMELIORATION DE LA SENSIBILITE .

La régulation du courant dans la cellule ne sera effective qu'à partir du moment où il n'y aura pratiquement plus de courant de grille, c'est-à-dire lorsque celle-ci sera polarisée négativement . Au départ , il faut donc environ 86 volts de chute de tension dans la résistance de I00 MΩ et donc sensiblement un courant de I microampère qui correspond à 10^{-7} lumen.

Or,l'efficacité de la régulation exige que la tension de la cathode et du point de retour de la résistance de charge soient fixés avec précision . Nous disposons à cet effet de 3 points :

- la masse ,
- le 85 volts du tube 85 A 2 ,
- le I50 volts du tube O A 2 dont la stabilité est plus faible . L' O A 2 est placé immédiatement après la haute tension.

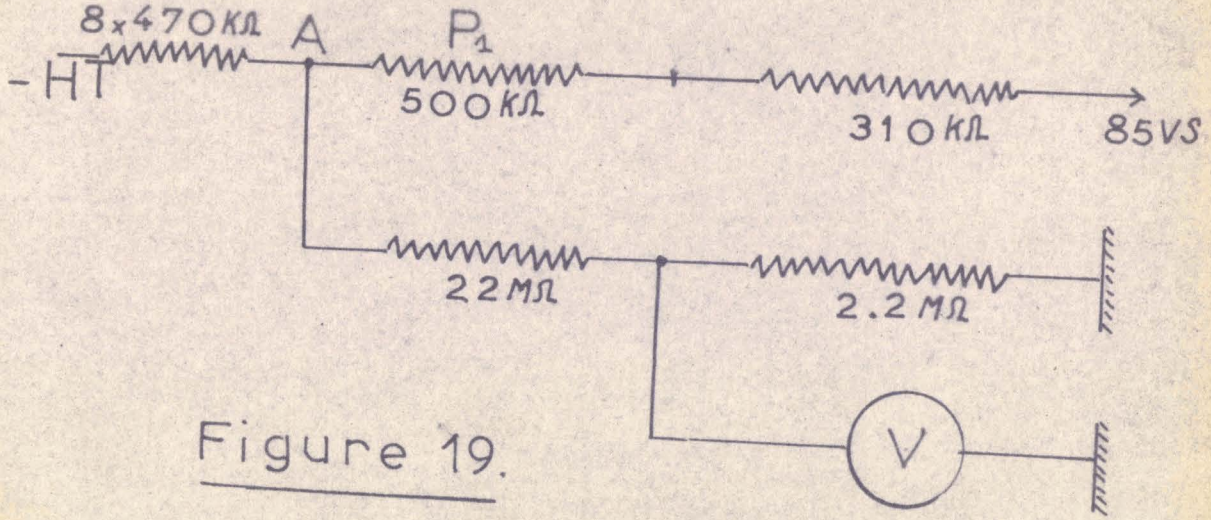


Figure 19.

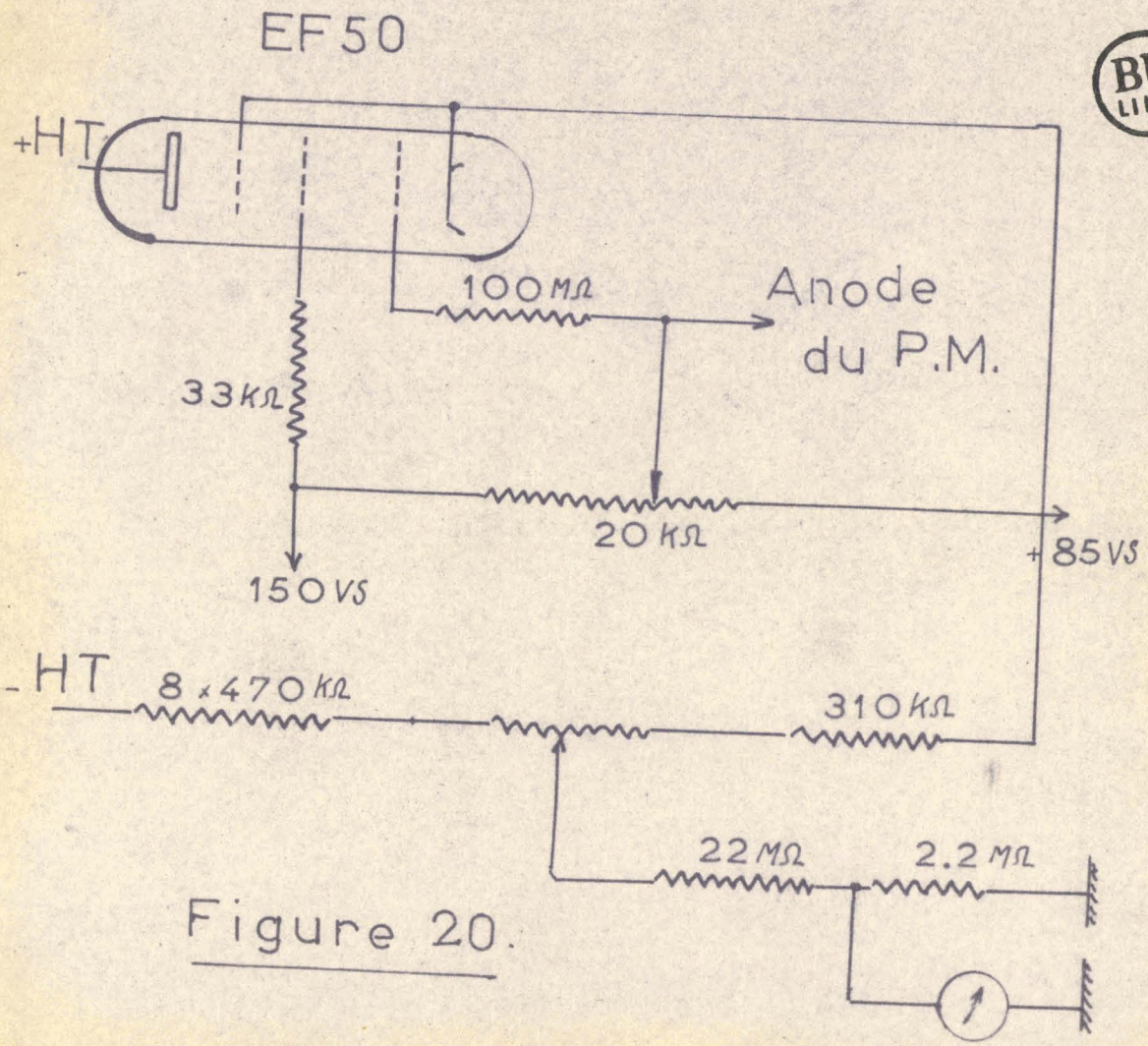


Figure 20.

BU LILLE

Si nous portons également la cathode au 85 v (fig 20),nous supprimons la necessité de chuter 85 v dans la résistance de charge. Le système fonctionne bien avec une résistance de charge de I MΩ . La haute tension monte encore à I200 v .Mais si nous augmentons la charge,le courant d'obscurité polarise trop négativement la grille.

- Avec IO MΩ ,la H.T. tombe à I000 v en l'absence de lumière,
- Avec I00 MΩ , à 400 v.

D'où une gamme de mesure plus étroite.

Dans ces conditions,la valeur du courant stabilisé correspond au courant d'obscurité,soit environ 0,5 microampère pour I MΩ .

Nous avons alors pensé ramener la tension d'alimentation dans l'obscurité à I200 volts pour les grandes résistances de charge. Il fallait pour celà posséder des points de référence plus nombreux. Nous avons dans ce but remplacé la résistance entre le tube O A 2 et le tube 85 A 2 par un potentiomètre de 20 KΩ dans lequel il passe 3 mA. Si le courant apporté au point milieu est négligeable par rapport à 3 mA,la répartition des potentiels entre les 2 tubes sera fixée une fois pour toutes.Nous avons fixé l'extrimité de la résistance de charge à ce curseur ; le courant fourni sera toujours inférieur à I microampère.

Cette modification n'a apporté aucun résultat. En effet,le courant d'obscurité est sensiblement 0,5 microAmpère à I200 volts. Notre point de fonctionnement sera donc,quelle que soit le résistance de charge,0,5 microampère. Or, à partir du moment où le gain du tube E F 50 est suffisant pour assurer la constance du courant à I/I00 ième ou I/I000 ième près,la sensibilité sera toujours la même. Pour obtenir les valeurs de la tension d'alimentation pour des intensités de lumière données,il suffit de tracer une horizontale sur le réseau de caractéristiques I=f(V) à lumière constante. Elle sera toujours la même et correspondra au courant d'obscurité à I200 V.

Le seul avantage de ce montage est donc de pouvoir diminuer la sensibilité en augmentant le courant moyen de fonctionnement.

IV . RESULTATS .

Nous pouvons en principe déceler toute variation de lumièrequi s'ajoute au courant d'obscurité. Nous ne sommes en principe limité que par la mesure de la variation de V et surtout par les fluctuations possibles du courant d'obscurité.

Il est bien évident toutefois que le système ne pourra être logarithmique que lorsque l'équivalentdu courant d'obscurité sera négligeable par rapport au signal dû à la lumière effectivement reçue. Nous pourrons donc commencer à travailler aux environs de 10^{-8} lumen.

Pour améliorer davantage,on pourra refroidir le P.M. Nous pouvons peut-être envisager de travailler non plus à courant total constant,mais à courant correspondant à la lumière reçue constant,en compensant le courant d'obscurité.

V . STABILITE .

Nous avons dûaugmenter au maximum la résistance de charge(100 M Ω) de manière à obtenir pour l' E F 50 un gain maximum par rapport aux variations de courant. Même dans ces conditions,les fluctuations du secteur sont sensibles. Pour une variation de 2,5 volts sur le réseau,nous obtenions 12,5 mV de variation sur la haute tension de 1000 volts , ce qui correspond sensiblement à 4°/$_{oo}$ pour 10 °/$_{o}$ secteur.

VI . UTILISATION DE LA NEIGE CARBONIQUE .

Nous avons sessayé d'entourer le boitier contenant le P.M. par une couche de 2 cm de neige carbonique.Nous avons constaté une diminution du courant d'obscurité : l'échelle logarithmique précédente n'a pas été modifiée car l'adjonction du même écran affaiblisseur a réduit de la même quantité la tension d'alimentation.Nous avons surtout rencontré une difficulté de réalisation . Ce centre froid a provoqué sur toutes les parois une condensation importante d'humidité et en particulier sur la fente tracée sur gélatine et placée devant le P.M. L'absorption s'est avérée plus importante que le gain en sensibilité.

CHAPITRE VI . ETALONNAGE .

I . METHODE .

Nous nous sommes servi d'écrans de densités connues. Nous les avons réalisés par noircissement de plaques photographiques, et leur opacité a été déterminée à l'aide d'un luxmètre Chauvin et Arnoux. Nous avons admis que les écrans photographiques pouvaient être considérés comme neutres.

La cellule est éclairée au maximum et on interpose successivement divers écrans.

BU LILLE

II . ETALONNAGE EN FONCTIONNEMENT LINEAIRE .

Nous l'avons effectué pour 2 valeurs de la tension d'alimentation, à 840 v et à IOIO V .Nous avons adopté I pour le flux lumineux sans écran. Les résultats sont donnés dans le tableau I et les courbes I .

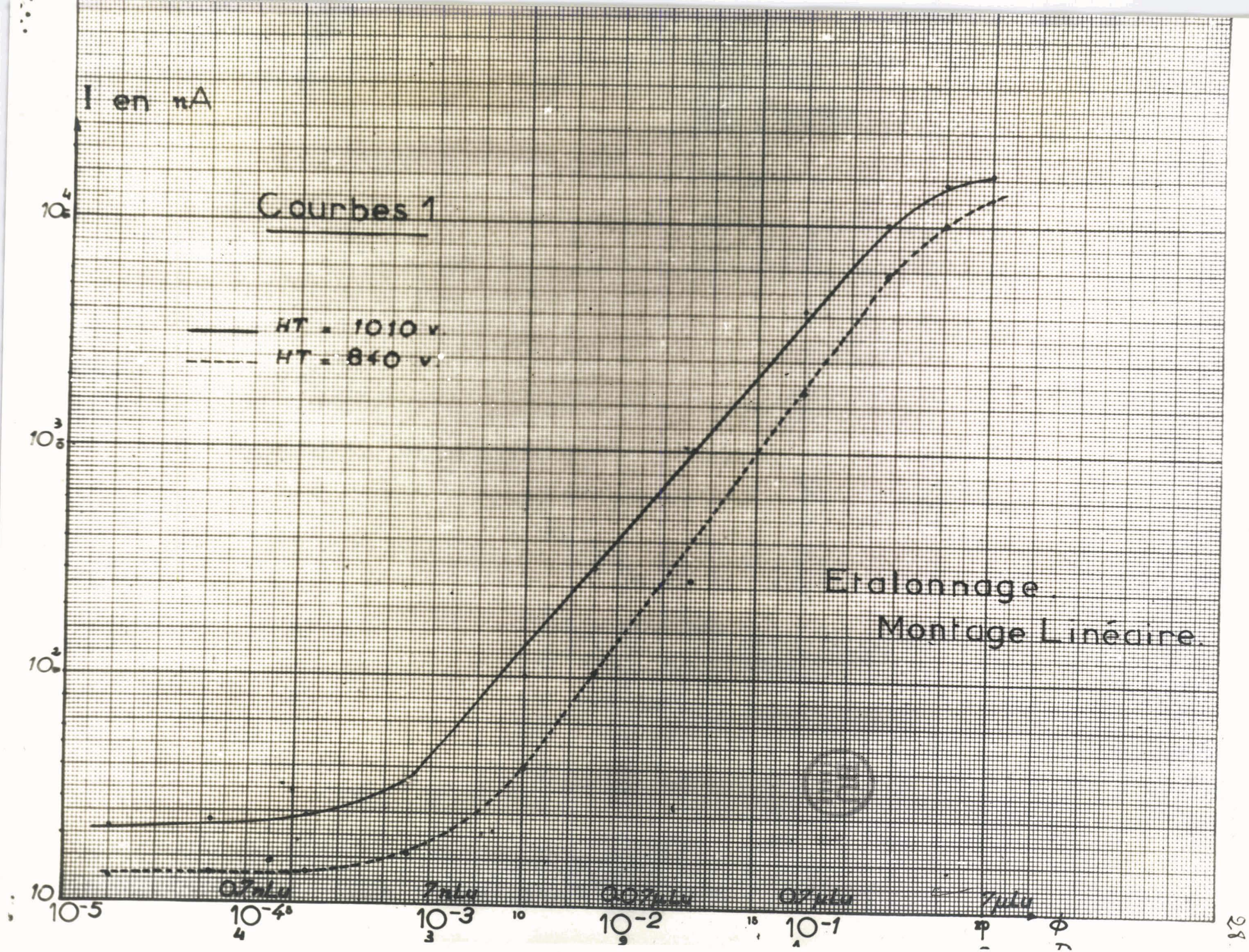
Nous constatons que dans la représentation (la commodité de représentation a necessité d'emploi d'échelles logarithmiques selon les 2 axes), les courbes sont linéaires au dessus du courant d'obscurité et pour des flux pas trop importants.

La pente de la partie rectiligne est sensiblement égale à l'unité et l'on a donc : $\log i = \log \phi + a$, soit $i = a\phi$.

La gamme de linéarité s'étend donc sensiblement sur une variation de I à I00 du flux lumineux, soit de 2 pour la densité du phénomène à étudier.
Les courants mesurés devront être compris entre 40 nA et IO μA

- TABLEAU I -

Densité de l'écran.	Flux lumineux.	Intensité en nA	
		HT = 840 v	HT = IOIO v
0	I	I3500	32000
0,25	0,567	I0250	I5000
0,556	0,278	6000	I0000
I,05	0,089	I850	4300
I,62	0,024	330	990
2,I2	0,0076	II0	290
2,5I	0,00309	39	I02,5
3,I3	0,000741	I6,5	35
3,68	0,000209	I3,5	24,5
4,I9	0,0000645	I3,25	22,5
4,74	0,0000I82	I3,25	22


I en nA
Courbes 1
HT = 1010 v.
HT = 840 v.
Etalonnage.
Montage Linéaire.
10^4
10^3
10^2
10
10^{-5}
10^{-4}
10^{-3}
10^{-2}
10^{-1}
Φ

Nous avons d'autre part étalonné approximativement l'appareil en valeur absolue à l'aide de notre Luxmètre.

Nous avons augmenté au maximum la lumière incidente et nous avons placé la cellule du luxmètre sur la platine porte-plaque. Nous obtenions pour une image d'environ 20 mm2 : 53 lux. La conversion en lumen est difficile, la détermination de la grandeur de l'image étant à peu près impossible car nous avons dûsupprimer la fente du microscope.
Nous avons donc environ I,I mLu.
La mesure au P.M. a été effectuée en interposant des écrans. Les résultats sont donnés dans le tableau II; ils correspondent à une HT = 840 volts.

- TABLEAU II -

Densité de l'écran.	Opacité.	Flux lumineux en microlumens.	Courant de cellule en μA.	Sensibilité du P.M. en A / Lu.
3,I3	I350	0,8	2050	2,5I
4,I8	I5I00	0,073	I42	2
4,73	53900	0,02	38	I,9

Nous n'avons aucune précision sur la mesure de la sensibilité du P.M. ; elle est voisine de la valeur donnée par les catalogues.
Pour cette sensibilité, nous pourrons utiliser le P.M. pour des flux lumineux variant de 20 μLu à 4 mLu.
Le flux lumineux adopté dans notre premier tableau est sensiblement 7 mLu.

III . ETALONNAGE POUR LE FONCTIONNEMENT LOGARITHMIQUE .

Les résultats sont donnés par le tableau III et les courbes II.

Nous avons effectué les mesures pour divers points moyens de fonctionnement.

I°/ Résistance de charge I00 MΩ, la haute tension étant à sa valeur dans l'obscurité.
2°/ Même mesure avec I0 MΩ ; la HT dans l'obscurité est 960 V.
3°/ Résistance de charge I0 MΩ mais avec un courant moyen de fonctionnement plus faible; la HT dans l'obscurité est 700 v .
4°/ Résistance de I MΩ branchée entre l'anode du P.M. et le point de potentiel stabilisé à I50 volts : c'est donc la sensibilité minimum.

- TABLEAU III -

Densité de l'écran.	Variations de tension mesurées en millivolts.			
	R = I00 MΩ	R = IO MΩ		R = I MΩ
		HT obscurité 960 v.	HT obscurité 700 v.	
∞	0	0	0	0
4,74	I,4	0	0	0
4,I9	3,2	0	4	0
3,68	9,4	I	9	0
3,I3	40	I8	37	0
2,80	92	62	66	0
2,5I	I58	I32	I26	0
2,42	I88			0
2,I2	284	258	224	0
I,6I	420	404	336	0
I,34	522			0
I,05	622	592	498	0
0,55	788	778	662	2I4
0,29	882	842		330
0,I5	9I4	892		372
0		940		436.

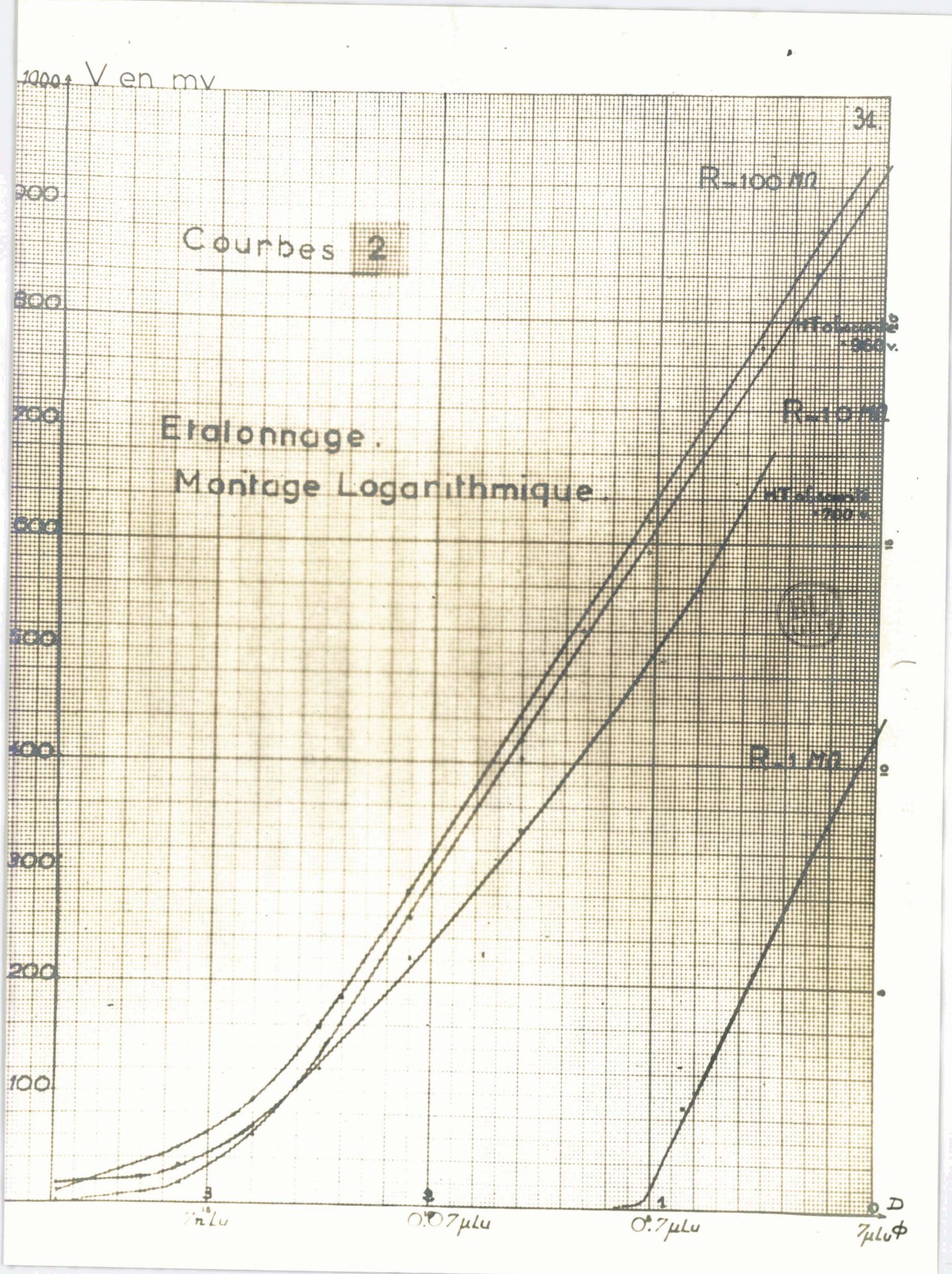
Les courbes sont en accord avec les observations faites précédemment lors de la mise au point.

- Lorsque la HT dans l'obscurité est réglée à son maximum et de telle sorte que le courant soit égal au courant d'obscurité , la sensibilité est indépendante de la résistance de charge.
- Le début du fonctionnement logarithmique correspond sensiblement à I4mLu soit environ IO fois l'équivalent d'obscurité.
- Lorsqu'on ne règle pas la HT à sa valeur maximum,l'échelle devient logarithmique pour un flux lumineux plus faible. Mais l'horizontale tracée sur le réseau I =f(V) du P.M. s'est légèrement abaissée.La loi logarithmique n'est plus la même et il se trouve que la sensibilité a diminué. Pour descendre plus bas en lumière,nous aurons donc intérêt à adopter la t tension la plus faible dans l'obscurité.
- Lorsqu'on augmente le courant moyen de fonctionnement,la partie courbe se rétrécit mais nous commençons à travailler pour un flux lumineux plus important.

Dans cette gamme toutefois,on obtient une augmentation de la sensibilité,la courbe est plus verticale.

CONCLUSION : Pour les deux modes de fonctionnement,nous n'avons pu descendre en dessous du courant d'obscurité,et nous ne pourrions améliorer le système en adaptant un autre P.M.,un I P 2I ou un 68IO qui sont plus onéreux.

BU LILLE



V en mv
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
Courbes 2
Etalonnage.
Montage Logarithmique.
R=100 MΩ
R=10 MΩ
R=1 MΩ
HT obscurité
×960 v.
HT obscurité
×700 v.
3
2
1
0
D
7nLu
0.07μLu
0.7μLu
7μLu
Φ

CHAPITRE VII . STABILISATION DE LA LAMPE D'ECLAIRAGE .

Introduction :

L'utilisation d'une batterie d'accumulateurs permet sans doute d'obtenir une bonne stabilité pendant la durée d'une mesure. Mais nous ne pouvons pas utiliser une lampe puissante (quelques watts maximum). La résistance interne de la batterie varie avec la température, donc la lumière va dériver lentement au démarage , jusqu'à ce que la batterie atteigne son régime.

Nous pouvions envisager un stabilisateur de courant par lampe fer-hydrogène; mais, à courant constant, la lampe d'éclairage ne délivre pas nécessairement un flux constant, à cause des variations de température ambiante.

Nous avons opté pour un asservissement à l'aide d'une cellule sensible à la lumière (fig 21). Un étage oscillateur délivre un signal alternatif de fréquence 2000 Hz. Un amplificateur basse fréquence fournit une puissance suffisante pour alimenter la lampe ERG n° 1204 : 12 v , 4,1 A. Une cellule sensible reçoit une partie de la lumière et donne une tension proportionnelle au flux. Cette tension, convenablement amplifiée, sert à polariser la grille du tube du premier étage de l'amplificateur. Le tube utilisé est une pentode E F 9 à pente variable. Si la lumière tend à augmenter, le système est tel que la polarisation augmente, le gain diminue et la lumière tend à diminuer.

I . ESSAI D'UTILISATION DES PHOTODIODES .

Nous avions choisi 2 photodiodes P H T aussi identiques que possible. Elles ont été montées symétriquement, l'une étant aveugle afin de compenser le coefficient de température.

Nous avons réalisé un étage cathodyne symétrique avec un tube ECC 83 et un petit oscillateur classique dont nous avons réglé la fréquence aux environs de 2200 Hz (fig 22).

Si notre haute tension est isolée, nous pouvons mettre une cathode de la double triode à la masse et nous servir de la tension sur la cathode A pour polariser la grille du tube E F 9 .

Nous obtenons effectivement une régulation, en ce sens que les fluctuations sont moins importantes. Mais nous avons rapidement constaté l'existence de dérives. Nous avons placé l'enregistreur entre les 2 cathodes du tube ECC 83 et nous avons laissé dériver le système des photodiodes placées dans l'obscurité. En une heure de fonctionnement, l'amplitude des dérives s'éleva à 200 mV. En réchauffant avec les mains le tube contenant les photodiodes, nous avons réussi à obtenir un déséquilibre de 2 volts.

La compensation du coefficient de température entre les 2 photodiodes était donc très imparfaite.

II . UTILISATION D'UNE CELLULE A VIDE .

Nous hésitions à utiliser une cellule photoélectrique ordinaire. Leur

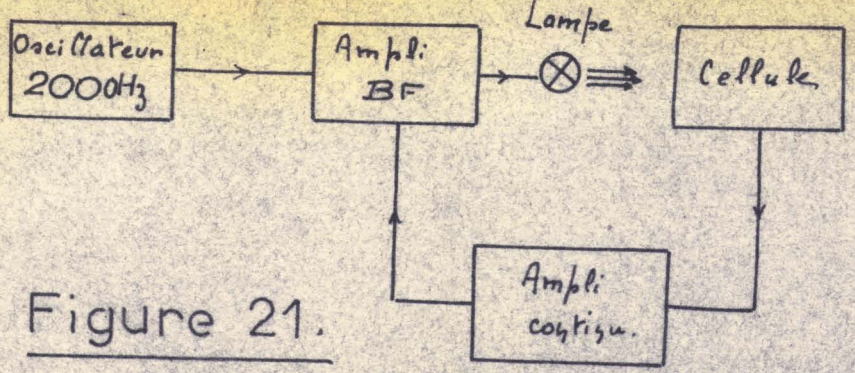


Figure 21.

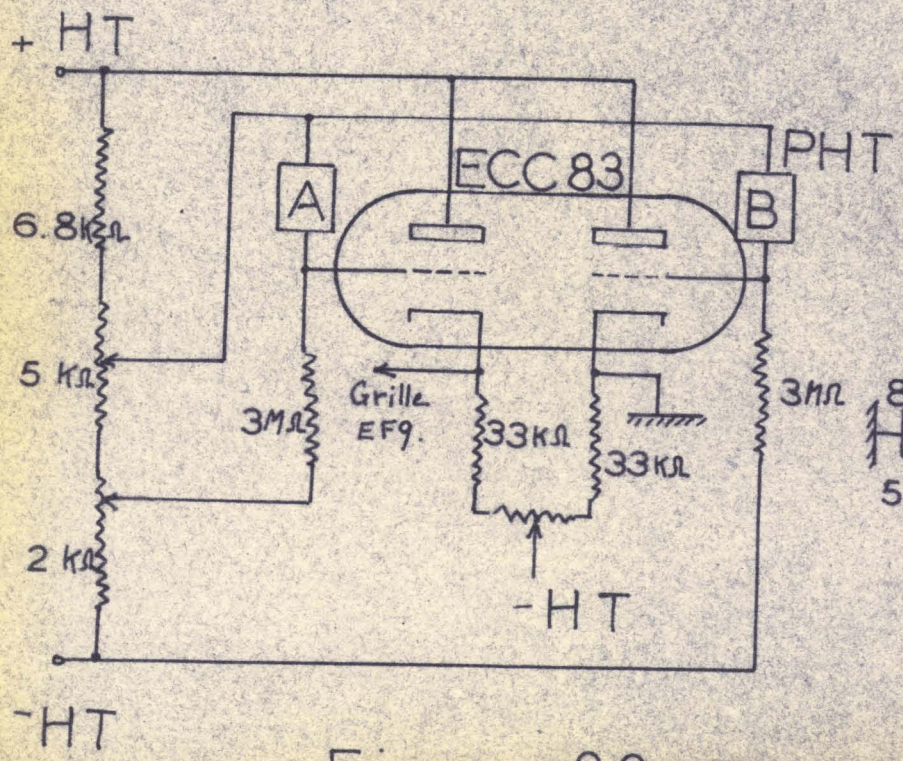


Figure 22.

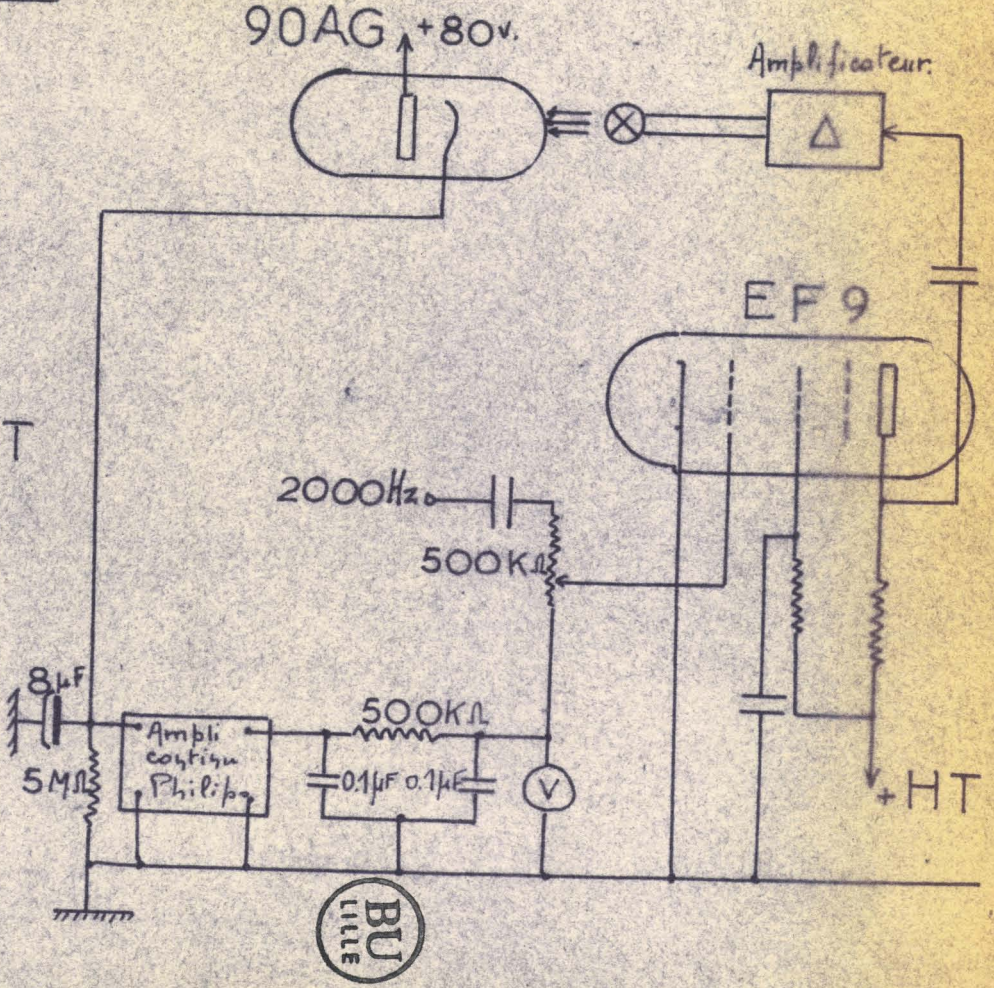


Figure 23.

BU LILLE

sensibilité est très faible. La cellule 90 AG donne 130 microAmpères par lumen, les photodiodes P H T fournissent 1 A par lumen.

Il fallait prévoir un amplificateur à courant continu et autant que possible le rendre indépendant des fluctuations du secteur.

Nous possédions au laboratoire l'amplificateur à courant continu Philips . Son gain maximum est 200. Il permet en outre d'ajouter à la tension de sortie une tension comprise entre -250 v et +250 v. Nous l'avons utilisé pour étudier les possibilités de la réalisation.

Nous avons donc toutes facilités pour fixer le potentiel moyen de la grille du tube E F 9 , et nous avons réalisé facilement le montage de la figure 23.

La haute tension de cellule est fournie par un bloc d'alimentation . Elle est stabilisée par 3 tubes à gaz en cascade O D 3 , O B 3 et O A 3.

Le gain peut être réglé de 2 manières :

- par l'amplificateur à courant continu,
- par la polarisation de la grille de l'EF9 ; aux environs de -3v , les variations de pente sont plus grandes.

Pour un gain de 60 et - 60 volts sur la grille, conditions qui correspondent à la limite d'accrochage, nous obtenons une lumière constante pendant les heures stables du réseau. Au delà , le système se met à osciller à très basse fréquence.

Les impulsions du secteur font apparaitre des petites pointes de part et d'autre du trait tracé sur l'enregistreur. Elles sont dues à l'amplificateur à courant continu.

III . REALISATION . (fig 24)

Notre montage n'exigeait pas toutes les possibilités de l'amplificateur Philips, et nous ne pouvions d'ailleurs en disposer constamment.

Nous ne voulions pas d'autre part modifier de manière importante l'amplificateur basse fréquence par une liaison continue pour l'attaque du 1er étage. Nous avons donc constitué un système à 2 étages :

- un étage amplificateur
- un étage régulateur.

L'alimentation est fournie par un bloc que nous possédions au laboratoire. Il délivre une haute tension régulée , variable de 250 à 500 v et pouvant débiter 250 mA.

A/ L' Amplificateur .

Il est constitué par un tube E F 80.

Les hautes tensions pour l'anode, l'écran et la cellule sont prises tout le long d'un diviseur de tension de 25 KΩ aux bornes duquel il y a 400 v.

- L'anode est reliée par la résistance de charge 50 KΩ au point 250 v.
- L'écran est porté à 200 v.
- La haute tension de la cellule est de 80 volts.
- Enfin, pour compenser la chute de tension dans les 5 MΩ de charge de la cellule, la cathode retourne au curseur d'un potentiomètre de 5 KΩ qui constitue le bas du diviseur de tension.

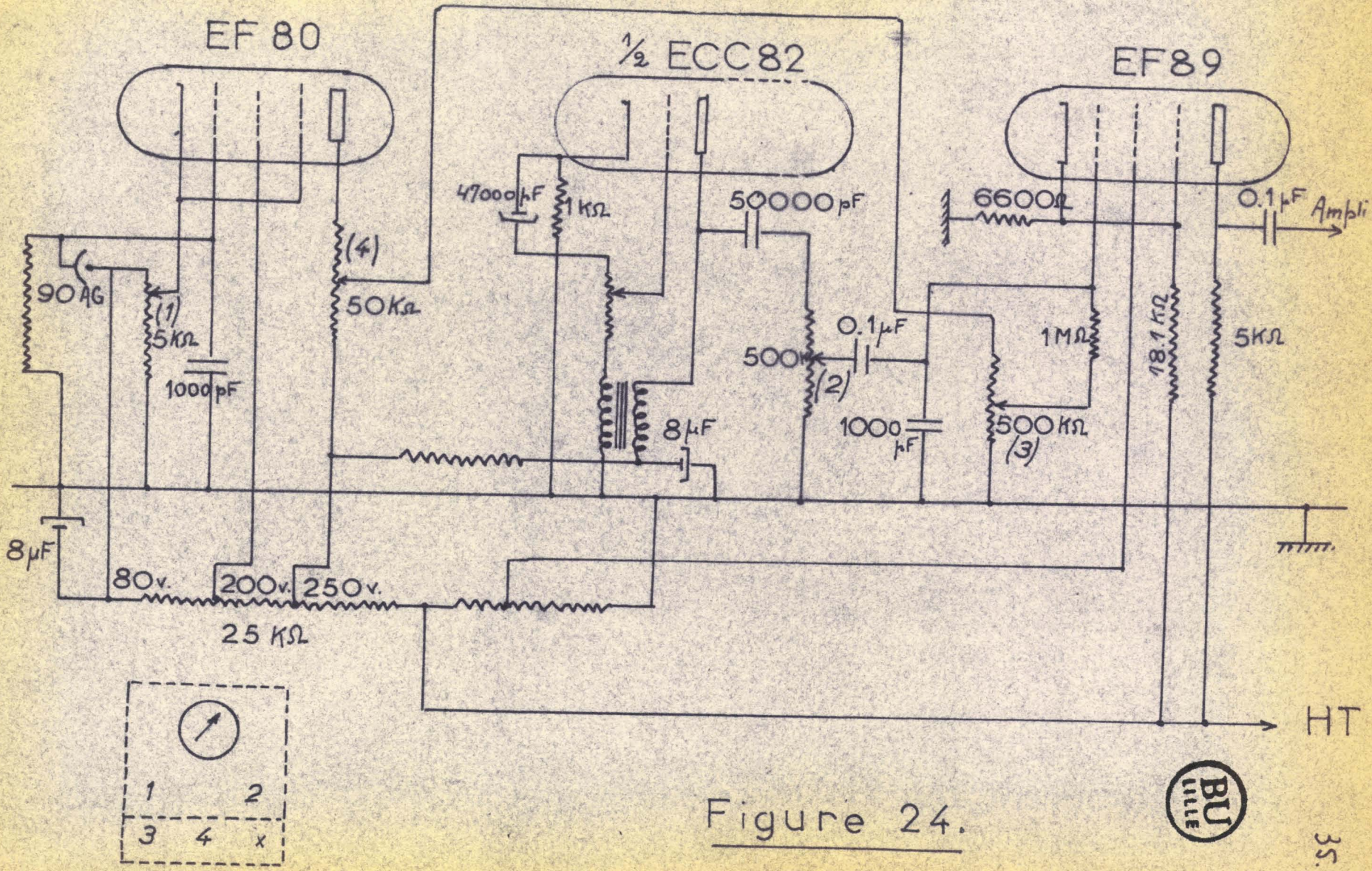


Figure 24.

BU LILLE

Nous pouvons ainsi, pour divers taux de lumière faire fonctionner le tube dans les meilleures conditions.

La ligne réunissant la cellule au montage a été soigneusement blindée . Nous avons découplé la haute tension au niveau de la cellule par un condensateur de 8 microF et un de 1000 pF au niveau de la grille permet de diminuer fortement le taux d'alternatif. La résistance de charge de 5 MΩ a été également introduite à l'intérieur d'une gaine blindée.

B/ L'étage de régulation .

Il est constitué par un tube EF 89.

Le gain du tube est commandé par la grille, mais nous avons essayé, sans résultat, de moduler par l'écran ou le suppresor :

- L'écran constitue une charge à trop faible impédance pour l'oscillateur,
- Les caractéristiques du suppresor ne sont pas linéaires, et nous obtenons une détection du signal.

Nous avons donc travaillé uniquement avec la grille de commande.

1°/ La cathode .

Le potentiel moyen prélevé sur la plaque de l'EF 80 par rapport à la masse est environ de 100 volts. Un diviseur de tension de 20 KΩ + 7 KΩ fixe la cathode à environ 105 v.

2°/ La grille de commande .

On lui reporte une partie du signal continu à l'aide d'un potentiomètre de 500 KΩ.

Une résistance de 1 MΩ permet d'éviter un courant de grille trop important lorsque le premier tube est bloqué.

Le signal alternatif est amené par un 0,1 microF.

3°/ L'écran .

Nous avions d'abord fixé son potentiel par la chute de tension dans une résistance, mais le courant de l'écran d'une EF 89 est important: 3 mA et varie dans de larges proportions avec la polarisation.

Nous ajoutions un circuit de réaction incontrôlable . Comme notre alimentation régulée pouvait débiter 250 mA , nous avons ajouté un 3ième diviseur de tension. Il passe dans les 10 K Ω un courant de 40 mA et les variations du courant écran ne produisent plus de variations sensibles de sa tension.

4°/ L'anode .

La résistance de charge est de 50 KΩ et l'on sort le signal alternatif régulé entre l'anode et la masse.

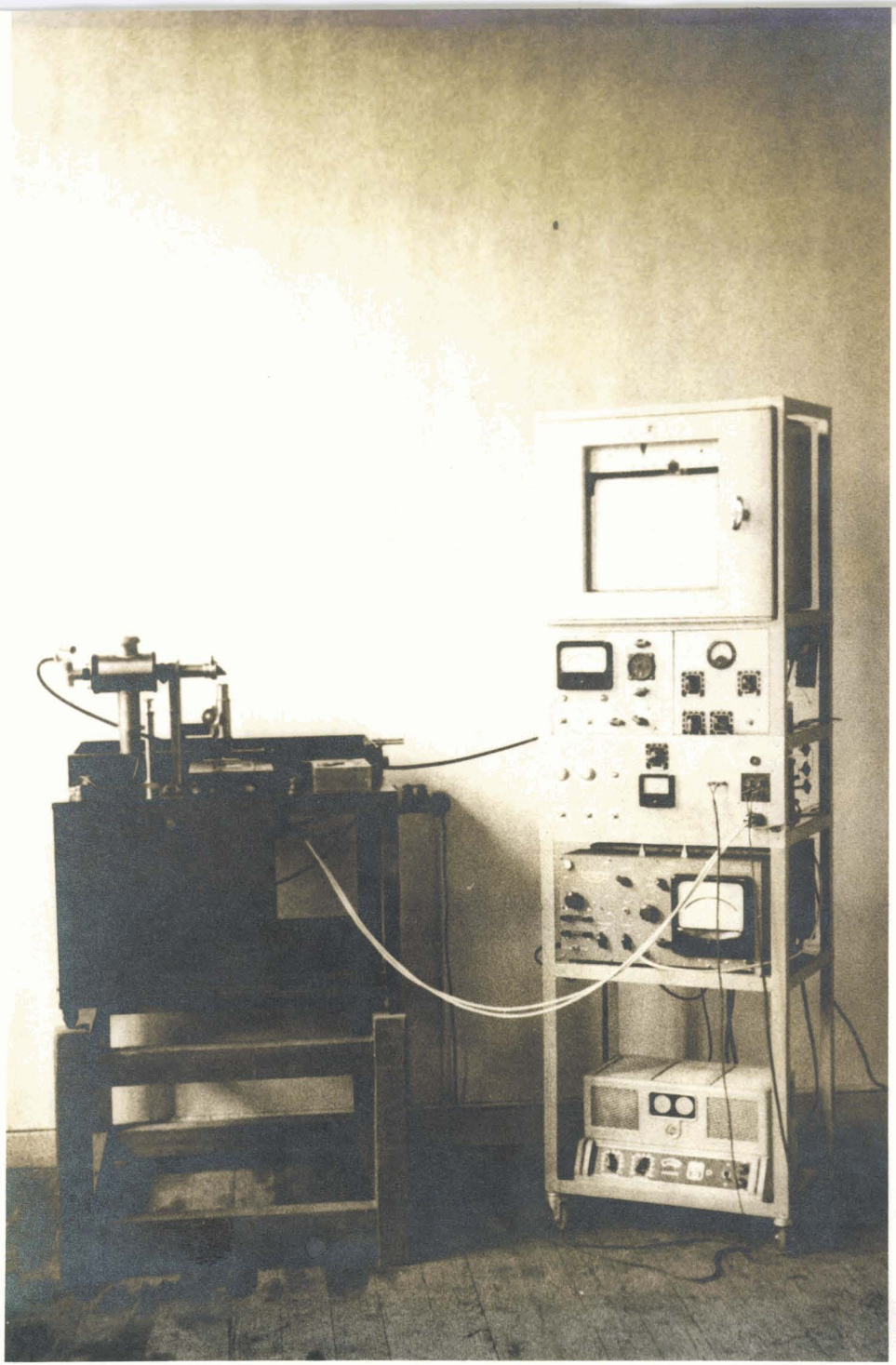
C/ Résultats .

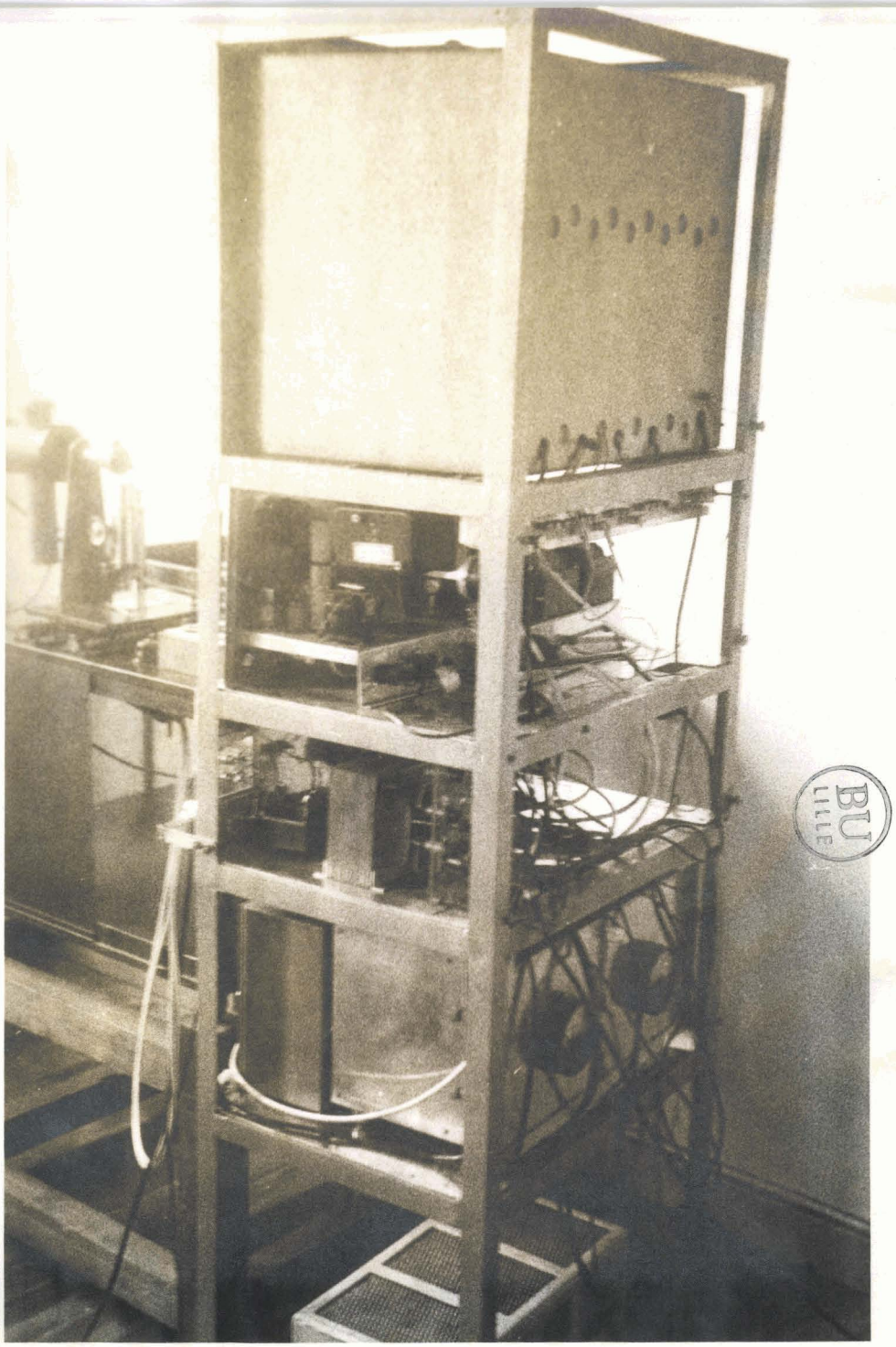
Le système permet une stabilisation satisfaisante. La position d'équilibre est définie par la tension moyenne du secteur. La correction des fluctuations lentes du réseau par l'alimentation stabilisée Philips ne laisse pas subsister de variations sur le dispositif de lecture.

Les fronts raides n'apportent pas de pointes contrairement au montage réalisé avec l'amplificateur à courant continu Philips,mais peuvent provoquer l'accrochage si le gain est trop poussé.

Le réglage optimum s'obtient facilement. Si l'on fait croître brusquement le gain en augmentant rapidement le potentiel de la grille de commande de l' EF 89 , le système oscille autour d'une position moyenne.

Il suffit alors de couper complètement le gain et de remonter progressivement jusqu'à ce que la lumière corresponde à la valeur moyenne précédente.





BU LILLE

DEUXIEME PARTIE

APPLICATION A L'ETUDE DE PHENOMENES DE DIFFRACTION.

CHAPITRE I . DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX .

I . CAS DE LA PHOTOGRAPHIE . (fig 25)

Le montage est réalisé sur un banc d'optique rigide suspendu de manière assez souple pour éviter la transmission des vibrations extérieures.

BU LILLE

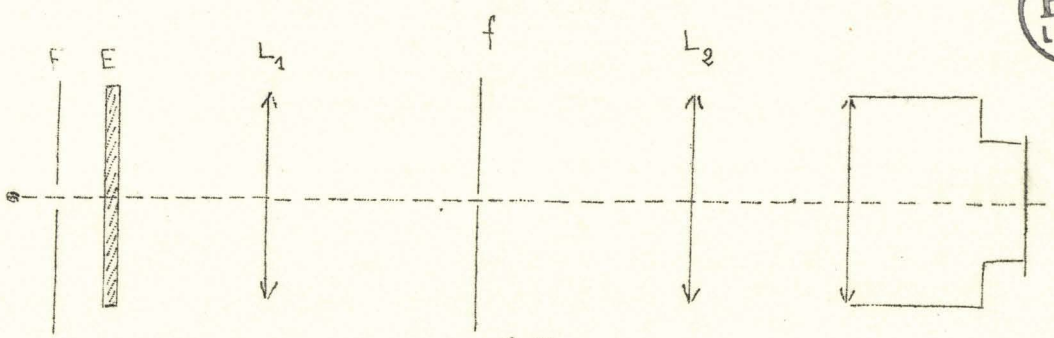


Figure 25.

Il comprend :

1°/ Une lampe à vapeur de mercure S dont on isole la raie verte à l'aide d'un film de Wratten n° 64 placé entre 2 lames de verre.

2°/ Afin d'augmenter la brillance de la fente f utilisée, nous formons sur elle à l'aide d'une lentille L_1, l'image d'une première fente F placée contre S.

3°/ La fente sf est tracée à l'aide d'une lame de rasoir sur la gélatine d'une plaque photographique noircie. La largeur est comprise entre 4 et 10 μ selon l'opérateur. Les fentes sont sélectionnées au microscope.

4°/ Une lentille L_2 rejette la fente f à l'infini.

5°/ La lunette astronomique dont l'objectif a une distance focale de I,4 m permet d'observer le phénomène.
6°/ Un oculaire s'adaptant sur le support de plaque sert à régler la mise au point exactement dans le plan de la surface sensible.

On admet que la fente est uniformément brillante vu que l'on en utilise que 2 mm de hauteur; le champ de la lunette est très faible.

La diffraction étudiée est produite :
- soit par un orifice circulaire;
- soit par un bac ultrasonore.

On les place entre L_2 et la lunette astronomique.

II , REMPLACEMENT DE LA PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE PAR LA PHOTOMULTIPLICATEUR.

I°/ Stabilisation de la lampe à vapeur de mercure.

La plaque photographique étudiait tout le phénomène en même temps et n'exigeait aucune constance dans le flux lumineux émis par la source.
Le photomultiplicateur étudie le phénomène par points successifs.
La lampe à vapeur de mercure branchée sur l'alimentation stabilisée fut suffisante.

2°/ Défilement du phénomène .

Nous pouvions déplacer le P.M. dans le plan de la plaque photographique, mais :
- D'une part, l'image est très petite. Pour une fente de I0 μ de large, nous obtenons une image de 70 μ (la distance focale de L_2 est 20 cm.). On devrait donc réaliser un déplacement de 70μ en 5 à I0 minutes.
- D'autre part, le P.M. constitue une charge mécanique importante. Il devra rester amovible facilement pour vérifier la mise au point. Son mouvement doit s'effectuer sans vibrations.

Nous avons donc commencé par agrandir l'image. Nous avons remplacé l'oculaire de la lunette par une lentille de 3 cm de distance focale et surtout de diamètre suffisamment grand (3 cm) pour éviter qu'elle ne diaphragme le faisceau. Cette lentille nous donne une image agrandie à environ 30 cm derrière la lunette. Nous pouvons jouer facilement sur cette distance et effectuer la mise au point dans le plan du P.M. , ce que nous obtenons en déplaçant l'oculaire de la lunette par le dispositif d'entrainement.

Sur le trajet des rayons lumineux, nous avons interposé un petit miroir assujetti à l'axe d'un moteur synchrone Sapmi. (I tour/ I2 heures). La rotation du miroir permet le défilement du phénomène. (fig 26).

La distance d+D étant constante, si l'on augmente d , le temps de passage sera plus grand. L'image est plus près de l'axe du miroir, et l'angle de rotation sera plus grand.

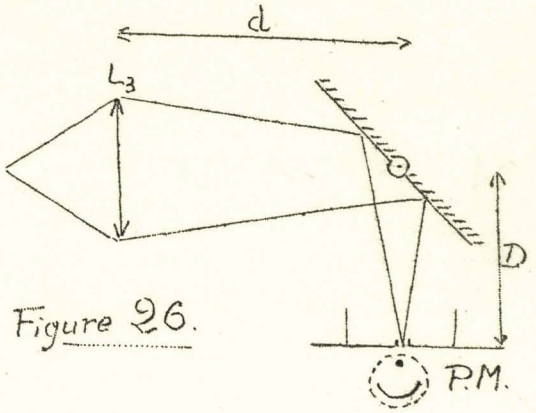


Figure 26.

Nous pouvons ainsi étaler à volonté notre phénomène suivant sa structure.

Le P.M. est monté sur un support analogue au porte - plaque. Nous pouvons glisser devant eux une fente sur gélatine et la mise au point est effectuée avec le même viseur que pour les plaques photographiques.

La mise au point, comme l'exactitude du parallélisme de l'image et de la fente sont vérifiées. P.M. en place. On doit obtenir pour la lumière un maximum maximorum pour des petites rotations du miroir près du maximum.

3°/ Augmentation du flux lumineux.

Sans la fente diffractante, sans le bac ultrasonore, le montage précédent fournit un maximum important lors du passage de l'image sur la fente.
Mais l'addition de l'orifice circulaire de diamètre 4 mm réduit certainement d'un facteur 1000 le flux lumineux pour la frange centrale.
Le bac ultrasonore long de 10 cm et rempli d'eau non distillée constitue un gros absorbant; il répartit d'autre part la lumière sur une dizaine de franges.
L'examen des courbes d'étalonnage nous montre donc la necessité d'un flux lumineux supérieur à 10 mLu, surtout pour la diffraction par l'orifice circulaire.

a/ Nous pouvons tout d'abord augmenter la largeur de la fente f. On ne peut dépasser 10 μ sans déformer le phénomène.
Une fente métallique supprimerait la paroi de verre, mais elle est difficile à régler car les 2 bords ne sont jamais dans un même plan.

b/ Nous avons supprimé la fente F de manière à augmenter le flux lumineux à travers la lentille L_I.

c/ Nous avons choisi pour L_I une lentille très convergente et de grand diamètre.
L'ouverture est plus grande lorsque la lentille est située plus près de la source. La courte distance focale permet d'obtenir une image plus petite de l'arc au mercure et donc un flux lumineux plus grand à travers f.

d/ Nous avons enlevé les verres de protection du film de Wratten. Ces derniers absorbaient environ 50 % de la lumière.

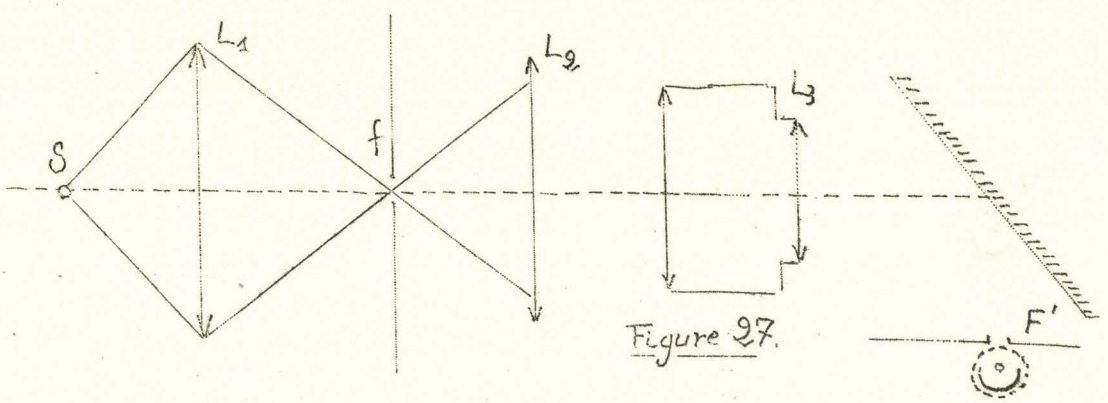


Figure 27.

4°/ Résultats .

Ces modifications résumées dans la figure 27 n'ont pas été suffisantes pour l'étude de la diffraction par l'orifice circulaire. Les premières franges ne sont pas dans la partie de fonctionnement logarithmique et si l'on augmente la sensibilité de l'enregistreur, elles se noient dans les fluctuations de l'appareil.

Une dernière amélioration sera possible : remplacer le filtre de Wratten n° 65 qui ne laisse passer que I4 % du vert, par un n° 77 qui en laisse passer presque 75 %. L'usage du prisme rend difficile le montage sur banc d'optique et n'a pas apporté un gain suffisant.

On pourrait encore penser à un filtre interférentiel à bande large.

Le dispositif permet d'étudier les phénomènes ultrasonores et la qualité de notre fente.

5°/ Utilisation .

a) Etude de la fente f et de la symétrie du système sans diffraction.

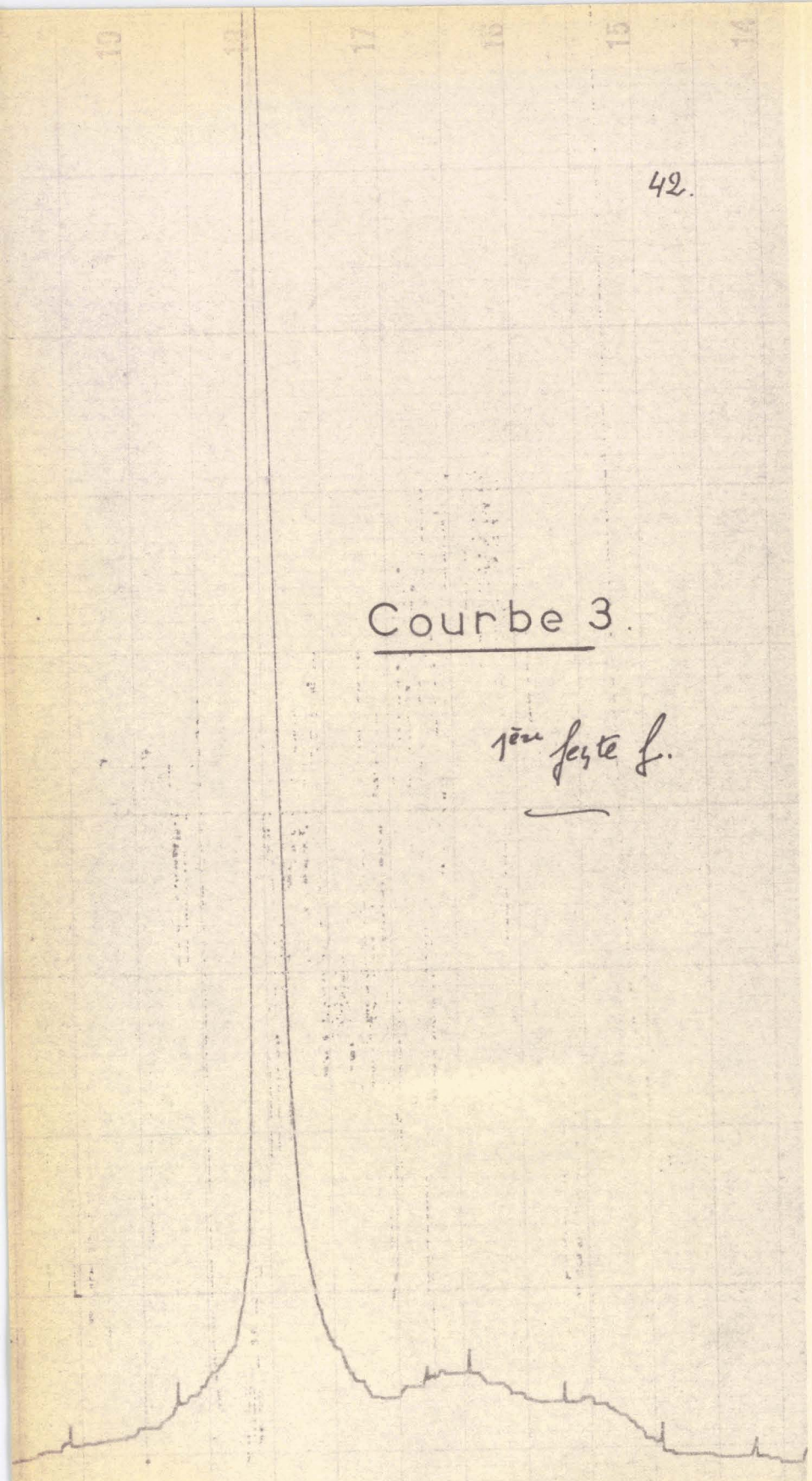
Nous détections d'un coté de la fente une frange (courbe 3). Nous avons trouvé un défaut dans la plaque de gélatine portant la fente f. Après remplacement, nous avons pu constater immédiatement que notre fente était sensiblement symétrique. (courbe 4).

b) Diffraction par les ultrasons.

Nous avons repris le générateur à ultrasons et le bac réalisé par M. Pouliquen (6). Nous avons travaillé en ondes stationnaires et nous donnons ici la courbe correspondant au maximum de puissance de l'appareil. (courbe 5). La figure obtenue est légèrement dissymètrique. Nous n'avons pas fait l'étude systématique du phénomène et en particulier de la dissymètrie; cette étude très longue pourra faire l'objet d'un travail ultérieur. On peut faire remarquer d'ailleurs que quelques photographies passées au photomètre ont accusé également une dissymètrie.

Courbe 3.

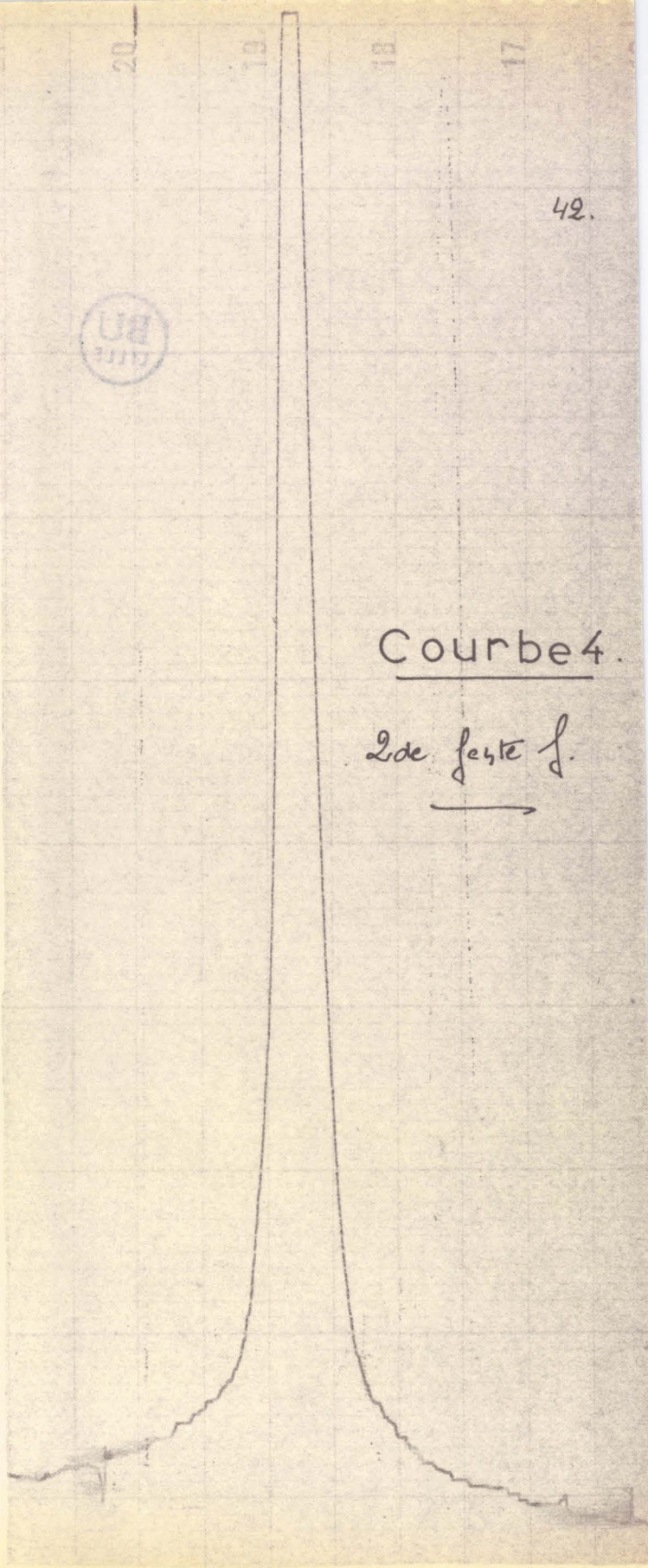
1ère fente f.



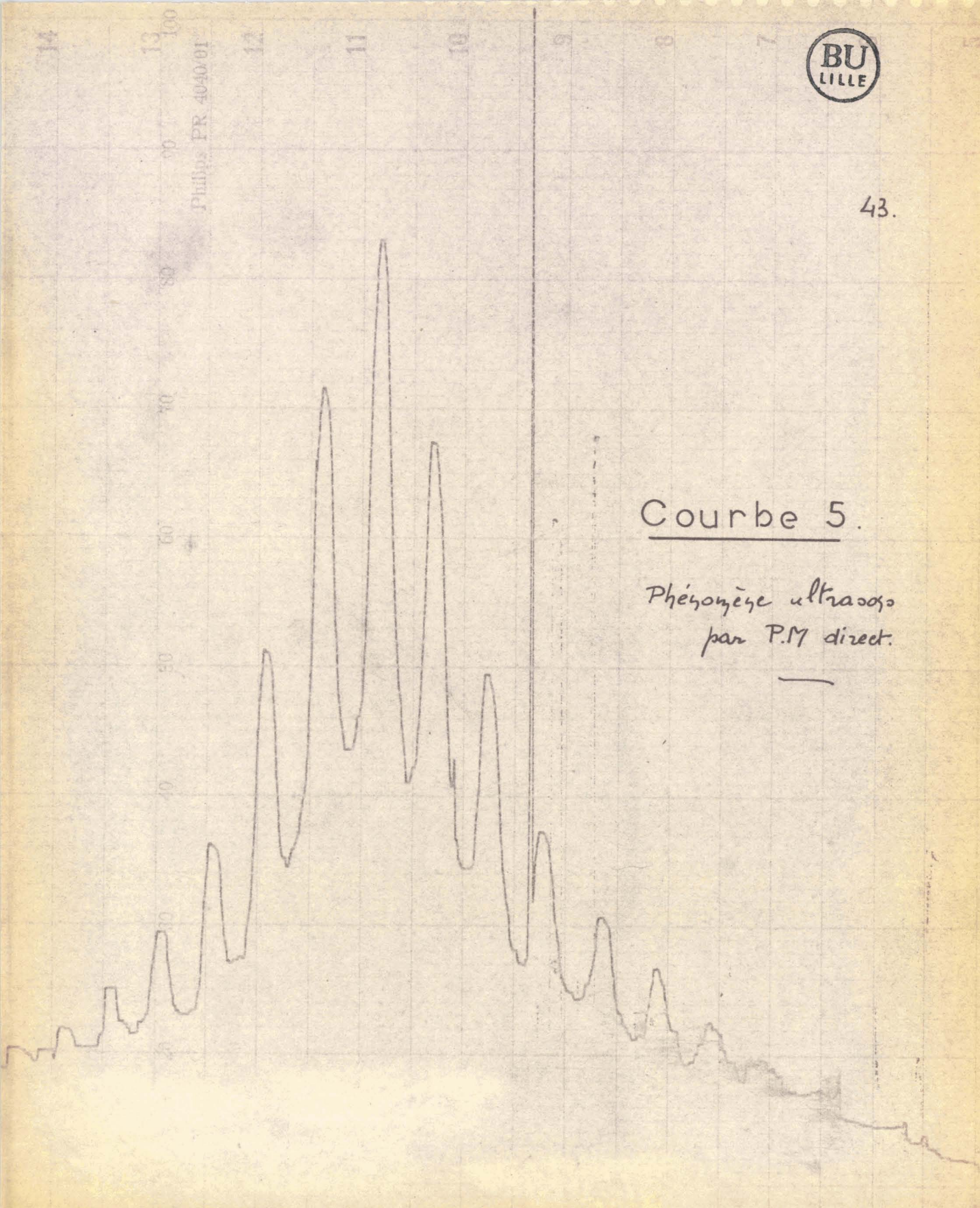
42.

Courbe 4.

2de fente f.



BU LILLE



Courbe 5.

Phénomène ultrasons par P.M direct.

CHAPITRE II . FIGURE DE DIFFRACTION DONNEE PAR UNE FENTE FINE A L'INFINI A TRAVERS UN ORIFICE CIRCULAIRE .

Nous reprenons ici quelques mesures de Defebvre (7). Ce dernier avait essayé de vérifier les résultats de l'étude théorique effectuée par André(8) et la tabulation de Danjon (9) et Segard(IO).

Les résultats de son travail avaient fait apparaître :
- d'une part une diminution des contrastes ,
- d'autre part une dissymètrie systématique du graphique.

I . DIMINUTION DES CONTRASTES .

Elle était incontestablement due au microphotomètre qu'il utilisait. Nous avons étudié avec notre appareil une plaque étudiée précédemment par Defebvre. Les contrastes sont plus accusés et surtout les échelons pour le secteur tournant sont chez nous parfaitement plats.

II . DISSYMETRIE .

Nous avons légèrement modifié le montage optique de Defebvre. Celui-ci utilisait un prisme à sulfure de Carbone pour isoler la raie verte de la lampe à vapeur de mercure et son montage peut être résumé dans la fig28.

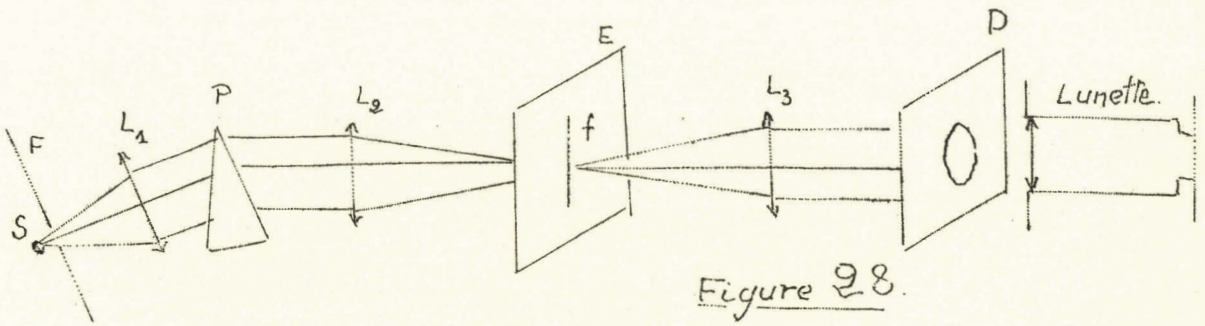
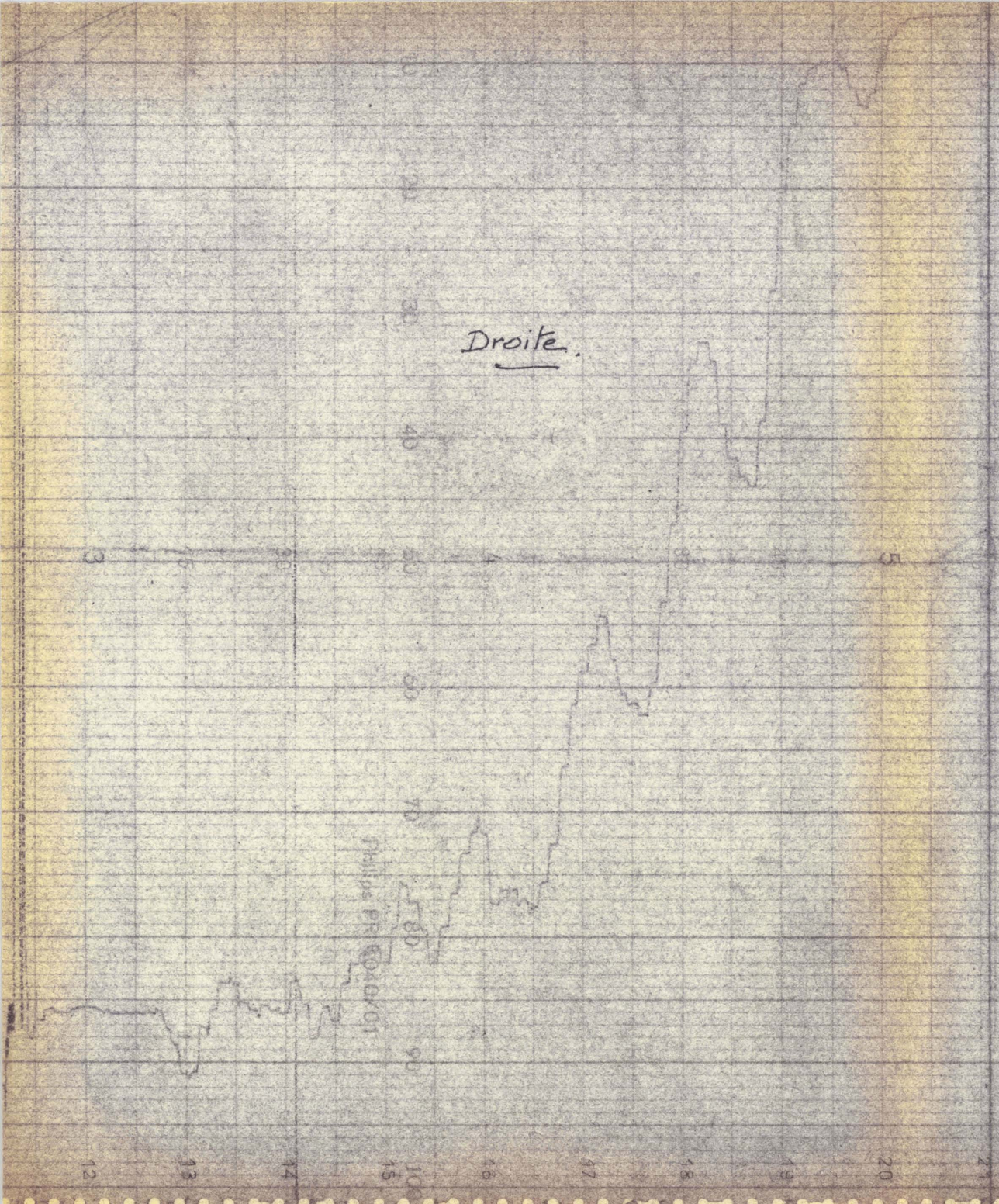


Figure 28.

Nous avons supprimé le prisme;c'était le seul élément qui enlevait la symètrie de révolution au système.Nous ne craignions pas d'autre part d'avoir trop peu de lumière; notre banc d'optique nous permet des temps de pose beaucoup plus grands.

La dissymètrie a subsisté , elle est toujours systématiquement du même coté de la fente. Nous donnons ici les résultats relatifs à une photo. (courbes 6 , 7 et 8.)

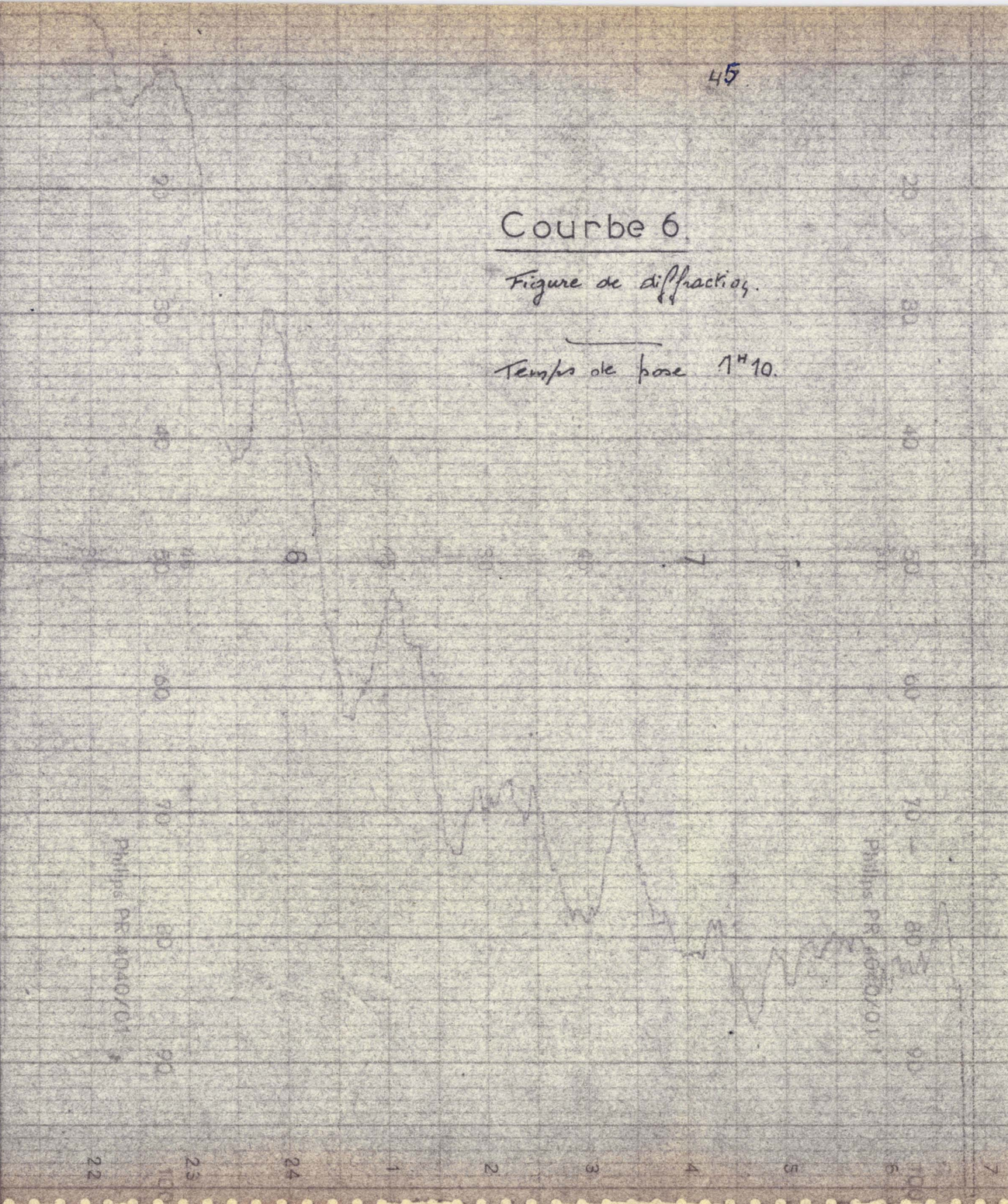
Droite.



Courbe 6.

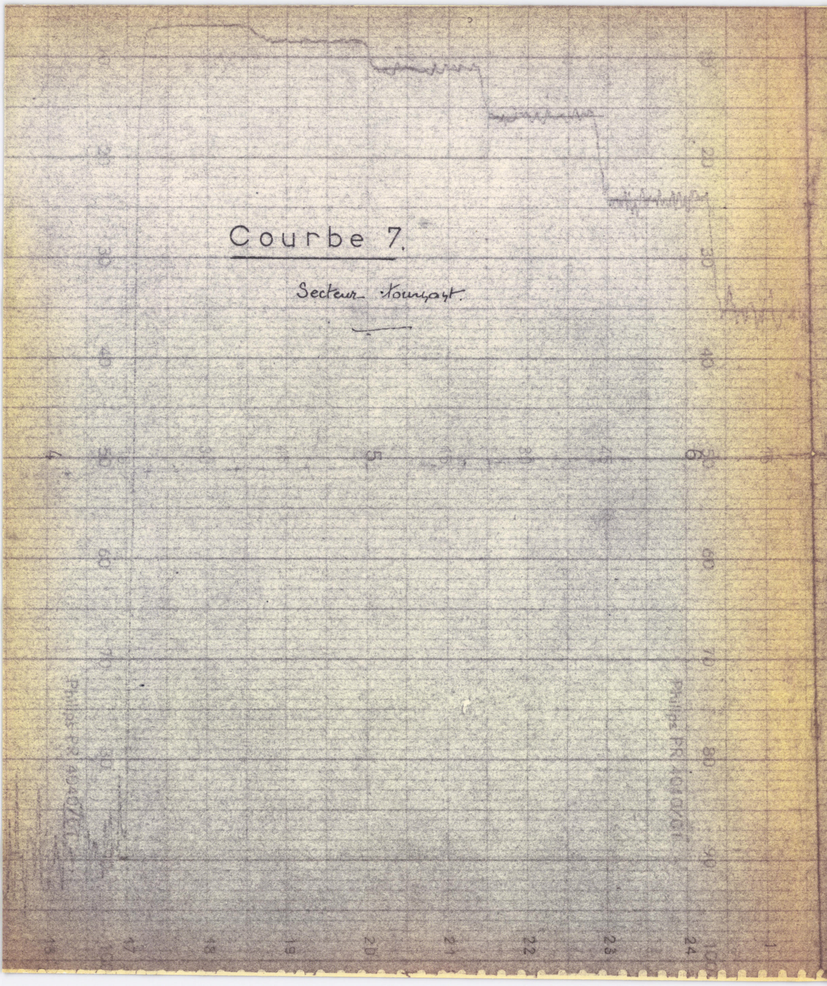
Figure de diffraction.

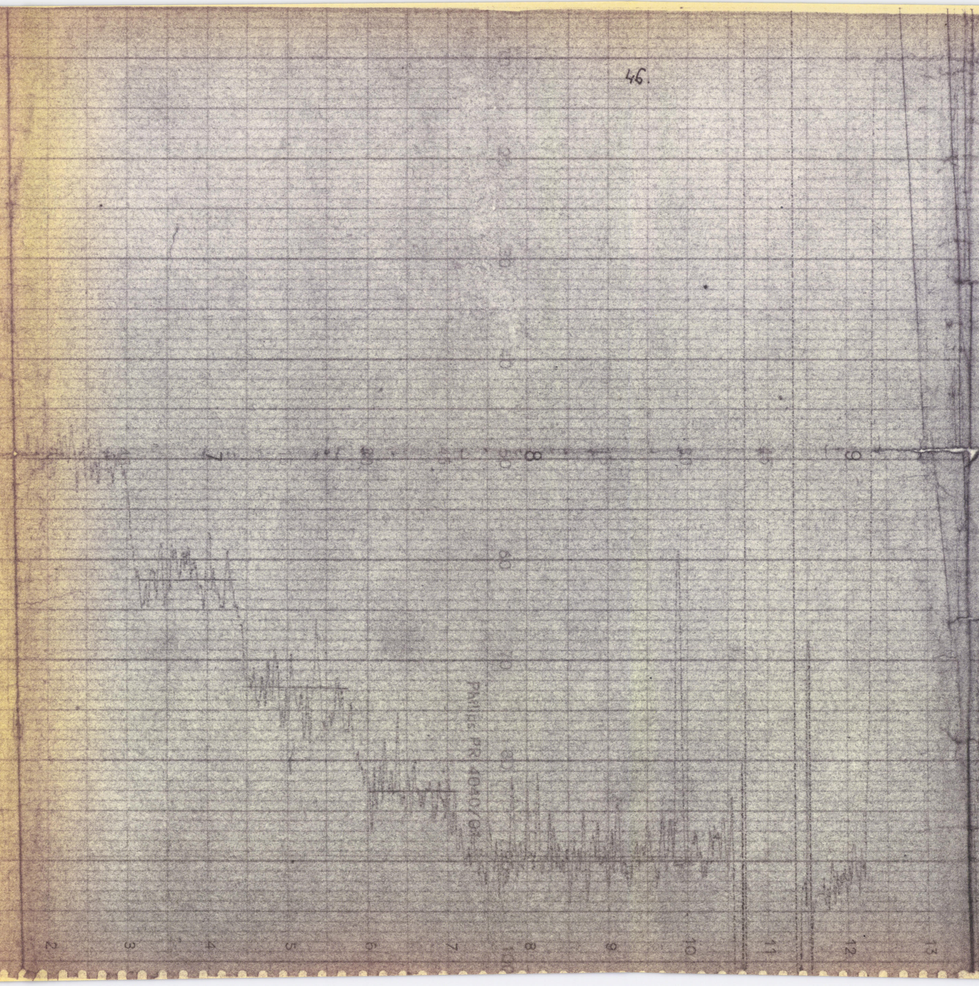
Temps de pose 1ᴴ10.



Courbe 7.

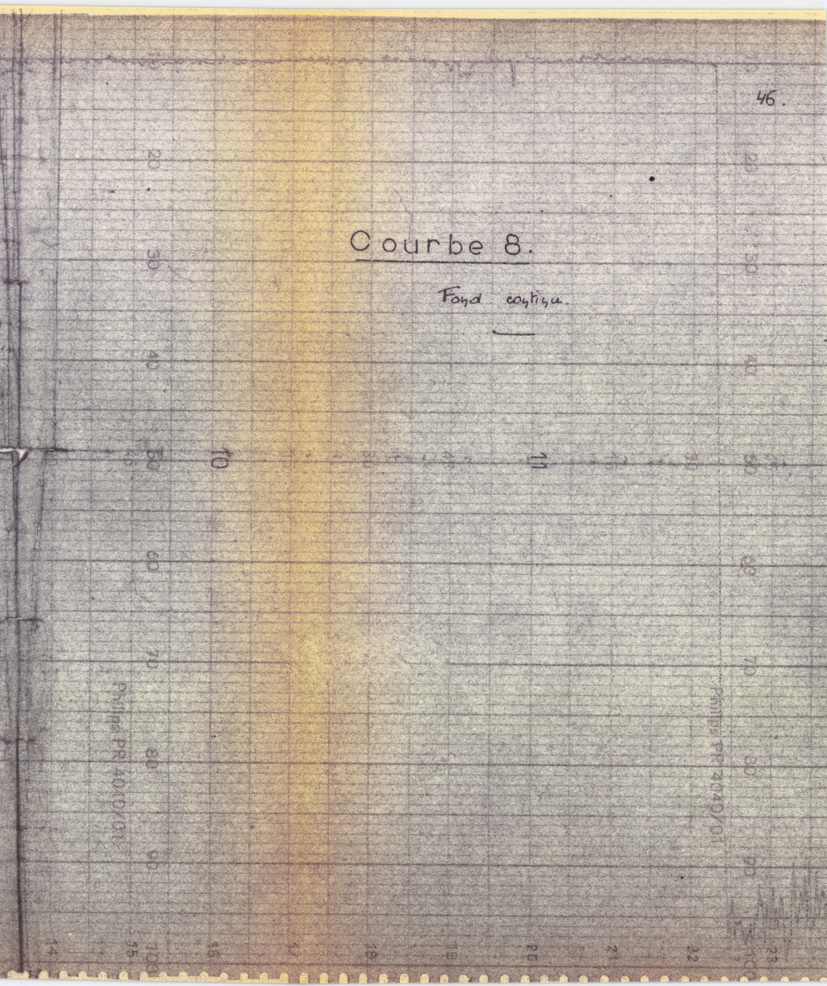
Secteur tournant.

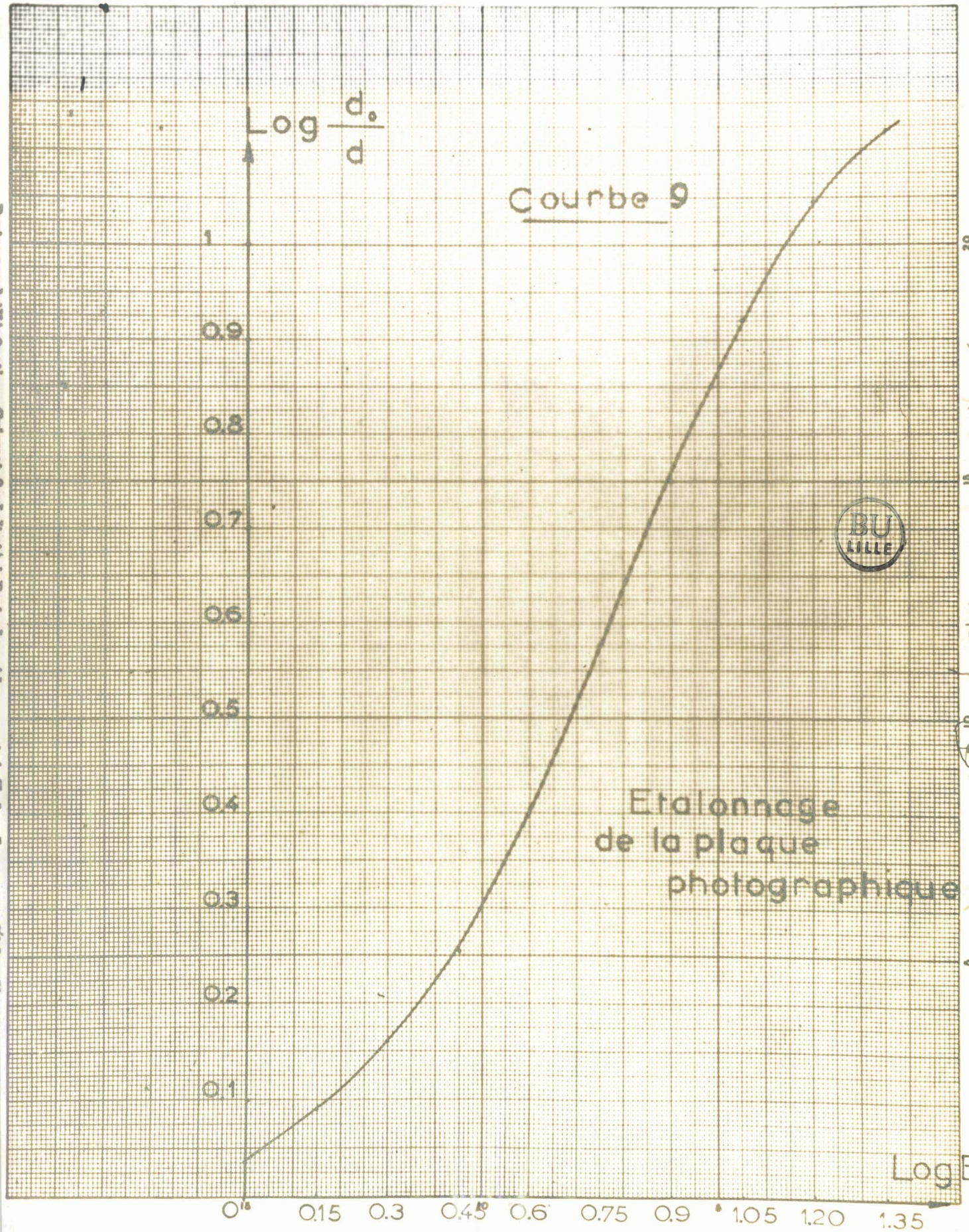




Courbe 8.

Fond continu.




Log $\frac{d_0}{d}$
Courbe 9
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
Etalonnage
de la plaque
photographique
Log E
0.15
0.3
0.45
0.6
0.75
0.9
1.05
1.20
1.35

BU LILLE

Nous avons utilisé une plaque Altipan . Le temps de pose a été de I h IO et nous avons étalonné la plaque photographique à l'aide d'un secteur tournant.

Nous donnons dans la première colonne du tableau IV , la densité de la plaque : $\log \frac{V_o}{V}$

V_o est la déviation moyenne du millivoltmètre quand le flux lumineux passe dans la partie non impressionnée de la plaque,
V est la déviation moyenne correspondant à une zone noircie.

Par lecture sur la courbe (9) d'étalonnage tracée avec le secteur tournant, on déduit le Log du flux lumineux et ensuite le flux lumineux.
Pour confronter les valeurs ainsi trouvées et les valeurs théoriques,nous avons égalé la valeur calculée et la valeur expérimentale pour le 3 ième minimum et le 3 ième maximum latéral choisis comme référence, l'emploi du centre étant hors de question vu son écrasement.(Tableaux IV,V et VI).

Nos écarts sont du même ordre que ceux de Defebvre,mais ils sont dans le même sens,que l'on se reporte à un minimum ou à un maximum.

Nous donnons dans le tableau VII les indications relatives aux positions des maxima et des minima. Les résultats expérimentaux sont en bon accord avec les résultats théoriques.

- TABLEAU IV -

Positions	Gauches			Droites		
	densité	log E	E	densité	log E	E
Centre	I,I30					
I°min	0,802	0,94	8,7	0,802	0,94	8,7
max	0,922	I,05	II,2	0,954	I,08	I2
2°min	0,3I4	0,53	3,39	0,292	0,49	3,09
max	0,466	0,66	4,56	0,426	0,62	4,I7
3°min	0,I40	0,26	I,82	0,I40	0,26	I,82
max	0,2I0	0,38	2,40	0,202	0,37	2,35
4°min	0,070	0,II	I,29	0,050	0,05	I,I2
max	0,094	0,I7	I,48	0,086	0,I4	I,38

BU LILLE

- TABLEAU V -

Eclairement relatif rapporté au 3° minimum

Position	Eclairement théorique	Gauche			Droite		
		E relatif	Ecart absolu	Ecart %	E relatif	Ecart absolu	Ecart %
Centre	65600						
I°min	2I20	I750	-370	-I7	I750	-370	-I7
max	2920	2250	-670	-23	2400	-520	-I8
2°min	720	680	- 40	- 5,5	640	- 80	-I3
max	990	9I5	- 75	- 7,5	835	-I55	-I6
3°min	365	365	0	0	365	0	0
max	492	482	- I0	- 2	470	- 22	- 4,7
4°min	220	260	+ 40	+I8	225	+ 5	+ 2,5
max	293	299	+ 6	+ 2	277	- I6	- 6

- TABLEAU VI -

BU LILLE

Eclairement relatif rapporté au 3° maximum

Position	Eclairement théorique	Gauche			Droite		
		E relatif	Ecart absolu	Ecart %	E relatif	Ecart absolu	Ecart %
Centre	65600						
I°min	2I20	I802	-3I8	-I5	I802	-3I8	-I5
max	2920	2320	-600	-2I	2485	-435	-I5
2°min	720	703	- I7	- 2,35	64I	- 79	-II
max	990	945	- 45	- 4,5	865	-I25	-I5
3°min	365	377,5	+ I2,5	+ 3,5	377,5	+ I2,5	+ 3,4
max	492	497	+ 5	+ I	487	- 5	- I
4°min	220	268	+ 48	+2I,8	232	+ I2	+ 5,5
max	293	307	+ I4	+ 5	285	- 8	- 2,8

- TABLEAU VII -

Positions des Maxima et des Minima .

Positions	Abscisses en mm.	Abscisses réduites.	Abscisses théoriques.
Centre	0	0	0
I°minimum	26	I,I8	I,I5
I°maximum	33	I,50	I,53
2°minimum	47	2,I4	2,I5
2°maximum	56	2,55	2,55
3°minimum	70	3,I9	3,I5
3°maximum	78	3,55	3,55
4°minimum	9I	4,I4	4,I5
4°maximum	I00	4,55	4,55

CONCLUSION.

L'étalonnage et l'étude des figures de diffraction nous a permis de définir les qualités de notre microphotomètre.

Les courbes présentent une allure en gradins. C'est le signe d'une composante alternative non filtrée; nous essaierons de la supprimer .

Nous envisageons d'améliorer la sensibilité:
- soit par l'utilisation d'un autre tube ,
- soit par le refroidissement ,
- soit par un nouveau dispositif compensant le courant d'obscurité.

Nous pourrons alors reprendre une étude directe systématique et beaucoup plus rapide de la dissymétrie mise en évidence dans les phénomènes de diffraction.

BIBLIOTHEQUE INTERUNIVERSITAIRE
SECTION DE SCIENCES
LILLE

ooooo

B I B L I O G R A P H I E .

I . Chalange et Lambert , Revue d'Optique ; I926 5 404

2 . Oemichen , Toute la Radio , I954 n°I90 (Nov.), p 368 à 368
I954 n°I9I (Dec.), p 447 à 450
I955 n°I92 (Jan.), p 3 à 5

3 . Clink (W.L.) , Electronics , I954 Mars p I96

4 . Shreiber , Toute la Radio , I954 n°I85 (Mai), p I60 à I65

5 . Bonhomme , Toute la Radio , I952 n°I64 (Avr.),p 87 à 9I
I952 n°I65 (Mai),p I47 à I52
I952 n°I66 (Juin),p I97 à 200
I952 n°I67 (Juil.Aout),p 222 à 227

6 . Pouliquen , Diplôme d'Etudes Supérieures , Lille I957.
Segard,Pouliquen,Deffontaines ,Annales de la Société Scientifique de Bruxelles, Tome LXX,III, p 223-23I.

7 . Defebvre , Diplôme d'Etudes Supérieures , Lille, I955.

8 . André ,Etude de la diffraction dans les instruments d'Optique, Thèse de Doctorat I876.

9 . Danjon , Lunettes et Télescopes , p70I.

I0 . Segard , Thèse de Doctorat , Lille I953.
Annales de la Société Scientifique de Bruxelles,
Tome LXVIII , I , p 52- 62.
p I75-I84.

ooooooo