

Fig 8 no. 1344 or 1345

PICO-AMPEREMETRE PA 15 (B)

(notice d'emploi)

P I C O - A M P E R E M E T R E PA. 15

Amplificateur d'Intensité

-0-

Indications d'emploi

-0-

DEBLOCAGE du SUPPORT TRIPOLE

Afin de soustraire les tubes aux vibrations et chocs mécaniques qui peuvent provoquer un dérèglement du zéro sur les calibres élevés, le support des tubes est suspendu élastiquement.

TRANSPORT

Pour le transport, la suspension est bloquée par la fixation d'une colonnette sur la face supérieure de l'appareil.

Le PA 15 peut être utilisé tel quel si on opère des mesures sur les calibres inférieurs à 10⁻¹⁰ Ampère.

Pour les valeurs supérieures, il est préférable de libérer la suspension en dévissant complètement la vis située sur le dessus à droite.

IMPORTANT

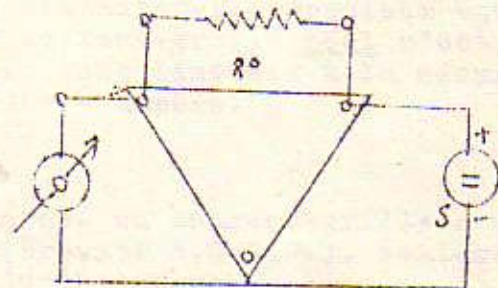
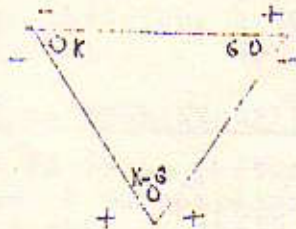
=====

Si l'appareil doit voyager en voiture ou en chemin de fer, il est nécessaire de fixer à nouveau la colonnette à la paroi supérieure du coffret, afin d'éviter la rupture des fils souples qui alimentent le Tripôle.

P I C O - A M P E R E M E T R E P A . 1 5

Amplificateur d'intensité

-0-



Le PA 15 a pour base un montage électronique Tripôle, breveté S.G.D.G. dont les trois branches sont rigoureusement équilibrées par des tensions en opposition (fig. 1).

La branche supérieure 1 - 2 constitue une entrée à haute résistance ($10^{14} \Omega$) utilisée pour la mesure des tensions.

La seconde branche 1 - 3, à résistance d'entrée électriquement "nulle" est utilisée pour la mesures des intensités, des capacités et pour opérer des intégrations linéaires.

La branche 2 - 3 constitue la sortie à résistance apparente nulle.

L'emploi séparé ou en combinaison des entrées 1 - 2 et 1 - 3 permet d'opérer quantité de mesures, autres que celles des intensités.

PRINCIPE de la MESURE - (fig. 2)

La méthode consiste à mesurer au moyen d'un Voltmètre électronique à résistance d'entrée $10^{14} \Omega$, la tension qu'un faible courant développe aux bornes d'un jeu de résistances étalonnées, de valeur comprise entre 10^3 et $10^{12} \Omega$.

DOUBLE FONCTION du TRIPOLE en FONCTION I -

Le circuit Tripôle utilisé en fonction I constitue à la fois un amplificateur d'intensité à gain réglable, de 10^1 à 10^9 et un convertisseur, dont l'impédance croît d'une puissance de 10 par calibre.

A titre d'exemple : Relié à une source de résistance $10^{12} \Omega$, débitant un courant de 10^{-12} A. , le circuit Tripôle, délivre en sortie un courant de 10^{-3} A. aux bornes d'un indicateur de 1.000Ω par volt, soit un gain en intensité d'un milliard.

.../...

ERREUR de MESURE DUE au COURANT-GRILLE

Pour opérer des mesures valables sur les calibres les plus élevés notamment après 10^{-11} Ampère, il est indispensable que le courant grille de l'appareil soit au moins 100 fois inférieur à l'intensité à mesurer.

De ce fait, les possibilités des appareils spéciaux équipés de tubes électromètres, dont le courant-grille réel n'est généralement pas inférieur à 10^{-14} A., sont limitées à la mesure de courants 10^{-11} ou 10^{-12} Ampère.

COMPENSATION du COURANT-GRILLE

Dans le PA 15 la perturbation due au courant-grille a été éliminée grâce à un compensateur (breveté S.G.D.G.), semi-réglable, qui le ramène de 10^{-13} A. à 10^{-16} Ampère.

VALEUR du COURANT-GRILLE

Sur le calibre 10^{-13} Ampère, multiplicateur sur $\times 3$, le courant-grille aux bornes de la résistance de référence de $10^{12} \Omega$ est de :

- 2, 10^{-13} Ampère pour 100 divisions de déviation
- 2, 10^{-14} " " 10 " "
- 2, 10^{-15} " sur 1 " "
- 2, 10^{-16} " à zéro;

STABILITE du COURANT-GRILLE

Malgré une triple stabilisation du secteur et des tensions anodiques, les variations résiduelles de l'alimentation rendent difficile le maintien à 10^{-16} Ampère.

Pour y parvenir, plusieurs minutes de petites retouches du compensateur sont nécessaires. Ensuite, il devient possible, sous condition d'opérer en cage de Faraday et pour des mesures de faible durée, d'apprécier 10^{-14} A. sur 10 divisions et 10^{-15} A. par division

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES du PA 15

CALIBRE MINIMUM : 3, 10^{-4} , multiplicateur sur $\times 3$

SENSIBILITE PLEINE ECHELLE : 3, 10^{-13} A., multiplicateur sur $\times 3$

SENSIBILITE du GALVANOMETRE : 300 mV sur $\times 3$ - 1.000 mV sur $\times 10$

GALVANOMETRE A.O.I.P. Classe 0,5 : 200 mV - 1 mA

PRECISION des CALIBRES : 1 à 2% jusqu'à 10^{-8} A.

2 à 3% - 10^{-11} A.

2 à 5% à 10^{-13} A.

3 à 10% de 10^{-13} à 10^{-14} A. selon précau-

tions de manipulation et stabilité du secteur

PRECISION des RESISTANCES de REFERENCE

0,5 % jusqu'à 10^{-8} Ampère

1 % de 10^{-9} " à 10^{-11} A.

2 à 3 % de 10^{-12} " à 10^{-13} A.

.../...

CONSUMMATION sur SECTEUR - 30 VA environ

ROBUSTESSE - L'appareil ne craint pas les surcharges

ORGANES de MANOEUVRE

TENSION SECTEUR -

L'appareil est livré branché sur 220 Volts. Il peut fonctionner sur 115 V. en déplaçant les barrettes situées à l'intérieur du capot du régulateur (à gauche) selon le schéma imprimé sur le couvercle.

ATTENTION ! Dans les deux cas, laisser le fusible du transformateur à droite sur 115 Volts.

BOUTON DOUBLE de GAUCHE - Réglage lent et rapide du zéro

VIS ROUGE de GAUCHE "E" - Permet de régler exactement à "un" le gain

DECALEUR - Le potentiomètre du décaleur alimenté par une pile de 4,5 V. permet de décaler le Zéro vers la gauche pour annuler les déviations parasites dues, par exemple, au courant de noir d'un photo-multiplicateur. Il permet également de dilater une déviation en utilisant un calibre supérieur.

IMPORTANT ! Bien veiller, pour les mesures normales et après les mesures que le décaleur soit tourné complètement à gauche, jusqu'au déclic, afin de ne pas épuiser la pile.

- Pour décaler une mesure opérée en "négatif", il faut inverser la pile du décaleur

BOUTON DOUBLE de DROITE - Réglage lent et rapide du second compensateur de courant-grille, alimenté par le secteur, afin qu'il suive ses fluctuations

VIS ROUGE de DROITE "I" - Semi-réglage du premier compensateur alimenté par une seconde pile de 4,5 V. contenue dans le boîtier fixé au panneau arrière.

CONTACTEUR de GAUCHE - Met en circuit des capacités à haut isolement de valeurs comprises entre 10 pF et 100.000 pF destinées :

- A éliminer les fluctuations d'aiguille, les inductions parasites peu importantes, le souffle des photo-multiplicateurs
- De conserver la mémoire d'une mesure de tension
- D'opérer l'intégration linéaire d'un courant variable pour en connaître la valeur moyenne ou celle de signaux polarisés de forme quelconque depuis 100 pS, 10 mV ou 10 pico-coulombs.

.../...

CONTACTEUR CENTRAL "FONCTIONS" -

- Permet de régler : le gain sur " ϵ ", le zéro sur "Z".
- De relier le coaxial à la grille pour opérer la mesure sur "Mes.".
- De contrôler la compensation du courant-grille en position "Attente" pour les calibres inférieurs à 10^{-12} Ampère.

BOUSSOIR - Destiné à shunter par une résistance de 5.000 M Ω le circuit grille pour faire disparaître, sur les calibres supérieurs, une partie des électrisations dues à une manœuvre rapide des contacteurs.

CONTACTEUR "CALIBRES" -

- Met en circuit les diverses résistances de références.
- tourné vers le bas, les résistances sont hors circuit et l'appareil fonctionne "grille en l'air", ce qui permet, en branchant entre le coaxial (1) et la borne K1 (2), de mesurer des tensions de 300 mV. à la position x 3 - de 1 Volt à la position x 10, avec une résistance d'entrée de 10^{14} Ω .
- D'opérer des intégrations linéaires.
- De mesurer de faibles électrisations depuis quelques pico-coulombs ou des fluctuations de tension Δ V.

CONTACTEUR CENTRAL : MULTIPLICATEUR-INVERSEUR de POLARITE

- Permet de modifier la sensibilité du galvanomètre 300 mV sur x 3 - 1.000 mV sur x 10.
- D'opérer des mesures en "positif" ou en "négatif".
- De mettre le galvanomètre hors circuit.

JACK d'ENREGISTREMENT

- Permet de brancher un Enregistreur de 1.000 Ω par volt ou un galvanomètre plus sensible, permettant de mesurer, avec une résistance d'entrée de 10^{14} Ω des tensions de 10 mV. à 10 Volts.

BORNES K1 - K2

Correspondent respectivement aux cathodes de sortie qui constituent la branche 2 - 3 du Tripôle.

La borne K1 (2) - est utilisée pour la mesure des tensions.

La borne K2 (3) - est utilisée pour la mesure des intensités et pour les intégrations.

PILES - Le boîtier fixé au panneau arrière contient deux piles de 4,5 V. dont l'une alimente un des compensateurs de courant-grille et la seconde le décaleur.

ATTENTION ! En cas de remplacement, bien respecter les polarités, sinon, le compensateur n'agira pas et le décaleur décalera en sens contraire.

Ne pas omettre de séparer les deux piles sur la plaquette isolante.

MANIPULATIONS PRELIMINAIRES

ZERO MECANIQUE - S'assurer avant d'allumer l'appareil, que l'aiguille est bien au zéro, sinon agir sur la vis sous le boîtier.

REGLAGE en TEMPERATURE -

- | | | | |
|------------|------------------|--|--------------|
| 10 minutes | jusqu'au calibre | 10^{-9} | Ampère |
| 30 | - | - | 10^{-11} - |
| 60 | - | au moins, sur les calibres 10^{-12} et 10^{-13} Ampère | |

REGLAGE du GAIN "E" - (pour mesures précises sur les calibres élevés)

- Placer : sur Zéro le contacteur "Capacités"
sur 10^{-13} A. le contacteur "Calibres"
sur "E" le contacteur "Fonctions"
- Tourner très lentement vers la droite la vis "E" jusqu'à amorçage d'oscillations périodiques
- Tourner très lentement vers la gauche la vis "E" jusqu'à obtenir de très petites oscillations autour du Zéro
- Placer le contacteur "Fonctions" sur Zéro

REGLAGE du ZERO ELECTRIQUE

- Placer le multiplicateur sur x_{31} (300 mV)
- Amener l'aiguille très exactement à zéro au moyen des boutons Zéro

COMPENSATION du COURANT-GRILLE - (Inutile jusqu'à 10^{-9} A.)

Pour les valeurs plus faibles :

- Placer le contacteur "Fonctions" sur "Attente" (= 10^{-10} A.)
- Le multiplicateur sur $x 10$
- Ramener l'aiguille à zéro au moyen des boutons compensateurs I

COMPENSATION du COURANT-GRILLE sur les CALIBRES SUPERIEURS à 10^{-11} A.

Après un premier réglage de la compensation en position "Attente"

- Placer le contacteur "Calibres" sur celui utilisé
- Le multiplicateur sur $x 10$ pour 10^{-12} ,
sur $x 2$ - 10^{-13} A.
- Mettre en circuit une capacité de 10 ou 50 pF pour faciliter le réglage
- Tourner très lentement la couronne du compensateur pour amener l'aiguille à zéro; attendre quelques instants. Si besoin est, opérer de très très légères retouches pour que la dérive n'excede pas une division
- Placer le contacteur "Fonctions" sur -ATTENTE

.../...

ÉLECTRISATIONS des CONTACTEURS

Afin de réduire l'électrification des contacteurs qui font bloquer l'aiguille durant des dizaines de secondes, tourner très très lentement les contacteurs "Fonctions" et "Calibres".
On peut également appuyer sur le poussoir pour faire disparaître une partie des charges parasites.

PRÉCISION RELATIVE

Si une précision meilleure que 5% n'est pas nécessaire sur les derniers calibres, il suffit de compenser le courant-grille au-dessous de 5 divisions

VEILLER la DÉRIVE du ZERO

Sur secteur stable, la dérive du zéro est inférieure à 500 microvolts par heure.
Néanmoins du fait du gain considérable de l'appareil sur les trois derniers calibres, son réglage parfait est plus important que celui du courant-grille.

MESURE de FAIBLES COURANTS 10^{-4} à 10^{-13} A.

RESERVE pour les CIRCUITS à TRES FAIBLE RESISTANCE

Le montage Tripôle du PA 15 ne convient pas pour mesurer de faibles courants sur des circuits à très faible résistance, tels que thermo-couples, en raison de la saturation du circuit

RESISTANCE MINIMUM des CIRCUITS

Pour conserver une parfaite linéarité et une faible dérive, il est nécessaire que la résistance du circuit à mesurer soit au plus de trois puissances de dix inférieure à la puissance du calibre, c'est-à-dire $10^4 \Omega$ pour 10^{-6} A. - $10^{11} \Omega$ pour le calibre 10^{-13} Ampère.

BRANCHEMENT du CIRCUIT

POINT "CHAUD" et POINT "FROID" d'un CIRCUIT

Le circuit "G" de grille (coaxial) doit toujours être relié au point "chaud" du circuit. Le point "froid" du circuit, ou masse, doit être relié à K2 et à la terre. En prenant pour exemple la mesure du courant d'une diode ou d'une cellule à vide, la diode ou la cellule doivent être branchées directement au câble coaxial de grille et le retour de la source à K2 et à la terre (selon figures).

N.B.- Le fait d'inverser le sens et de brancher la source à la grille s'oppose à toute mesure au-delà du calibre 10^{-7} A. ceci du fait des inductions parasites que capte la grande masse de la source.

Toutefois, on peut se trouver en présence de circuits avec point à la terre, tels que certaines chambres d'ionisation, ce qui oblige à placer la source entre grille et circuit. Dans ce cas, la mesure est néanmoins possible sous condition de placer la source dans une cage de Faraday, isolée du sol, que l'on relie à K2 et d'opérer la jonction (grille/source) et (source/chambre d'ionisation), au moyen d'un câble coaxial dont le blindage aboutit également à K2 (3) (selon fig.)

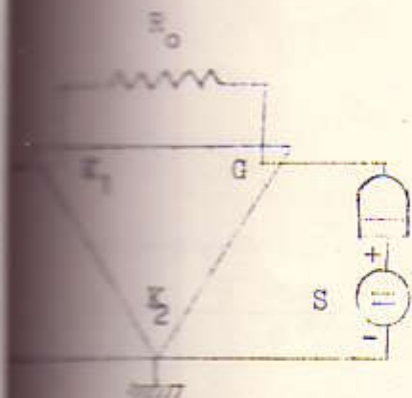


Fig. 3
Montage correct

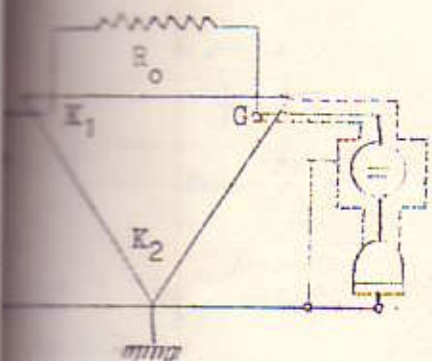


Fig. 4
Montage incorrect
(sauf à blinder la source)

.../...

M E S U R E S

Après les réglages préliminaires : Gain - Zéro - Courant-grille sur le calibre utilisé, coaxial débranché, multiplicateur de préférence sur $\times 10$, Contacteur "Fonctions" sur Zéro :

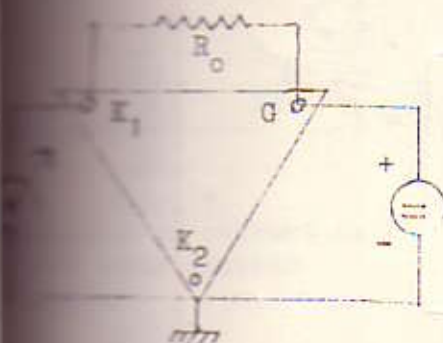


fig. 5
Mesure d'intensités

- Brancher le coaxial au point "chaud" du circuit et la masse du circuit à la borne K2, reliée à la terre, ensuite,
- Placer très lentement le contacteur sur "Mesure" et opérer la lecture
- Si l'aiguille se bloque, appuyer doucement sur le poussoir et attendre quelques instants.
- Si la déviation est inférieure à 20 divisions, placer le multiplicateur sur $\times 3$ afin d'accroître de 5 fois la déviation.

MESURES DIVERSES

MESURE de TENSIONS - (fig. 6)

300 mV multiplicateur sur $\times 3$ pleine échelle
1.000 mV " " $\times 10$ " "

Résistance d'entrée réglable selon la position du contacteur Calibres de $10^3 \Omega$ à $10^{12} \Omega$
 $10^{14} \Omega$ si on place le contacteur en bas, hors calibres

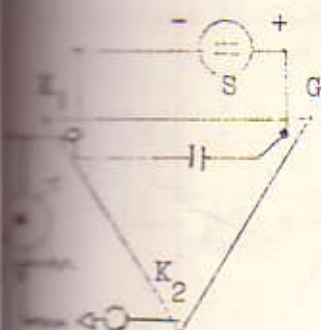


fig. 6
Mesure de tension
avec mémoire

MEMOIRE - En mettant en circuit une capacité de 1.000 à 100.000 pF, l'appareil conserve la mémoire de la mesure plusieurs dizaines de minutes.

AUTRES TENSIONS - minimum 10 mV pleine échelle à 10 Volts en utilisant un galvanomètre de 1.000 Ω par volt, branché entre K1 et K2, multiplicateur horizontal pour couper le galvanomètre. On peut aussi se brancher dans le Jack d'enregistrement.

Branchement entre coaxial et K1

.../...

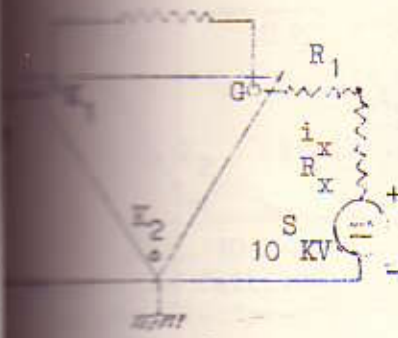


fig. 7

Mesure d'un courant de fuite sous tension élevée.

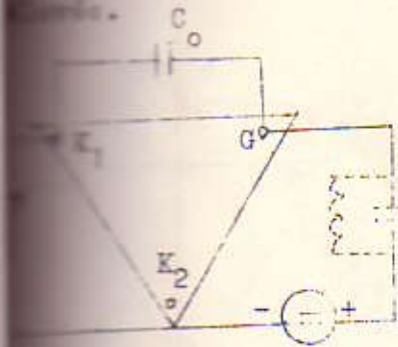


fig. 8

Mesure par intégration d'un courant de fuite

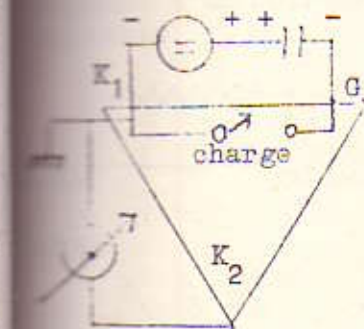


fig. 9

Mesure différentielle de la perte de charge

MESURE du COURANT de FUITE d'un ISOLEMENT (fig.7)

Si le circuit permet d'appliquer une tension élevée de 1.000 V. à 10 KV. ou davantage, il est possible de mesurer de faibles courants de fuite correspondant à des isollements de $10^{10} \Omega$

$$\text{FORMULE : } R_x (\Omega) = \frac{E}{I} - 10^7 \Omega$$

BRANCHEMENT - Le coaxial à l'isollement, l'isollement au "plus" de la source, le "moins" de la source à K2.

PROTECTION - Placer entre coaxial et isolant une chaîne de 10 résistances de $1 M\Omega$ (R1), destinées à limiter le débit et à protéger l'appareil en cas de claquage.

MESURE par INTEGRATION du COURANT de FUITE de CONDENSATEURS de CAPACITE SUPERIEURE à $10 \mu F$ (fig. 8)

Il est très difficile de mesurer en lecture directe ($M\Omega$) l'isollement élevé de condensateurs à grande capacité : 10 - 100 - 1.000 μF en raison des fluctuations du galvanomètre. Cette mesure s'opère aisément par intégration.

Contacteur Calibres vers le bas, branchement condensateur - coaxial, condensateur + source - source à K2

MESURE d'un ISOLEMENT CAPACITIF par PERTE de CHARGE - Méthode Différentielle (fig. 9)

La perte de charge de certains condensateurs à haut isollement étant très faible, il faut avoir recours à la méthode de perte de charge différentielle Contacteur hors Calibres

On relie le moins d'une source 100 à 500 V. à K1, le plus au condensateur et le condensateur au coaxial. On relie durant une minute la borne K1 à l'armature du condensateur, reliée au coaxial et on lit la différence de tension résultant de la décharge, en un temps x.

$$\text{Formule : } R = \frac{t}{c} \times \frac{E_0 + E_1}{2(E_0 - E_1)}$$

.../...

MONTAGE INTEGRATEUR (fig.10)

MESURE de FAIBLES QUANTITES d'ELECTRICITE

Telles que charges électro-statiques de : plastiques, tissus, papiers, cheveux, disques, etc, depuis 10 pico-coulomb pour $C^0 = 1000 \text{ pF}$ et "E" 1 volt en sortie, multiplicateur sur $\times 10$ à des dizaines de milli-coulomb en utilisant une capacité de valeur supérieure ($0,1 \mu\text{F}$). En disposant en série entre grille et source, des résistances de 1 - 10 - 100 - 1000 M Ω pour réduire l'amplitude, il devient possible de mesurer des tensions de plusieurs dizaines de Kilovolts.

MESURE par INTEGRATION de FAIBLES COURANTS (fig.

Le PA 15 constitue un excellent intégrateur linéaire, permettant d'intégrer au sens mathématique du terme des signaux polarisés de toute forme et de toutes amplitudes : impulsions inférieures à 100 μs - dents de scie - signaux carrés échelon unité, signaux erratiques. Ce montage permet notamment de connaître la valeur moyenne d'un faible courant sur des dizaines de minutes. Le calibre maximum du PA 15 étant 1 volt, il faut, pour opérer des intégrations, de longue durée, réduire l'amplitude du signal en disposant en série avec la source, une résistance R^0 de 1 - 10 - 100 - 1.000 - 10.000 M Ω . De cette manière, on peut opérer des intégrations depuis 1 seconde à des dizaines de minutes.

ADAPTATION d'un ENREGISTREUR

Pour adapter au PA 15 un enregistreur potentiométrique sensible, il suffit d'établir en sortie sur la fiche du Jack ou entre les bornes K1 - K2 un diviseur de tension constitué par deux résistances de valeur appropriée

EXEMPLE pour un ENREGISTREUR Sensibilité 10 mV

1 K Ω et 10 K Ω pour obtenir 10^{-13} A. pleine échelle
1 K Ω et 100 K Ω " " " 10^{-12} A. " " "
(sur le calibre 10^{-13} A.)

N.B.- Le PA 15 peut débiter au maximum 1 milliampère sous 1 Volt.

.../...

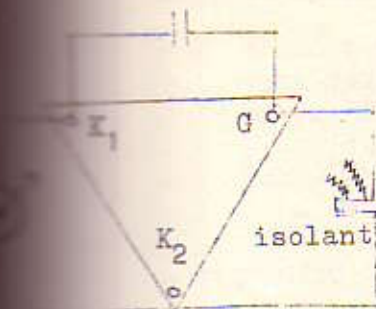


fig. 10
Mesure de faibles
charges électro-
statiques.

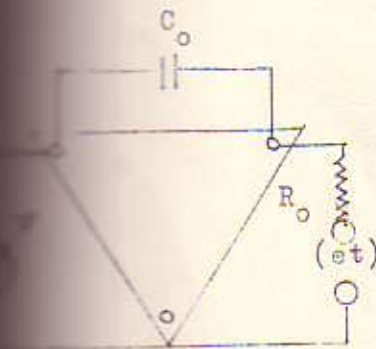
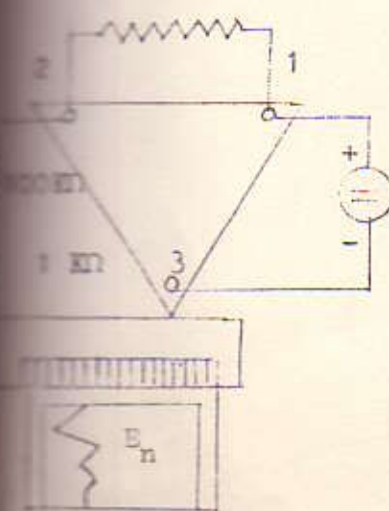


fig. 11
Mesure par intégration
linéaire de la valeur
moyenne d'un courant
variable



TUBES UTILISES

- 2 EF 86 appariés, sélectionnés et opacifiés.
- 1 tube double 12AT7
- 1 valve EZ 80
- 1 diode de compensation OA 85
- 2 tubes à gaz OA 2
- 2 - à gaz 85A 2

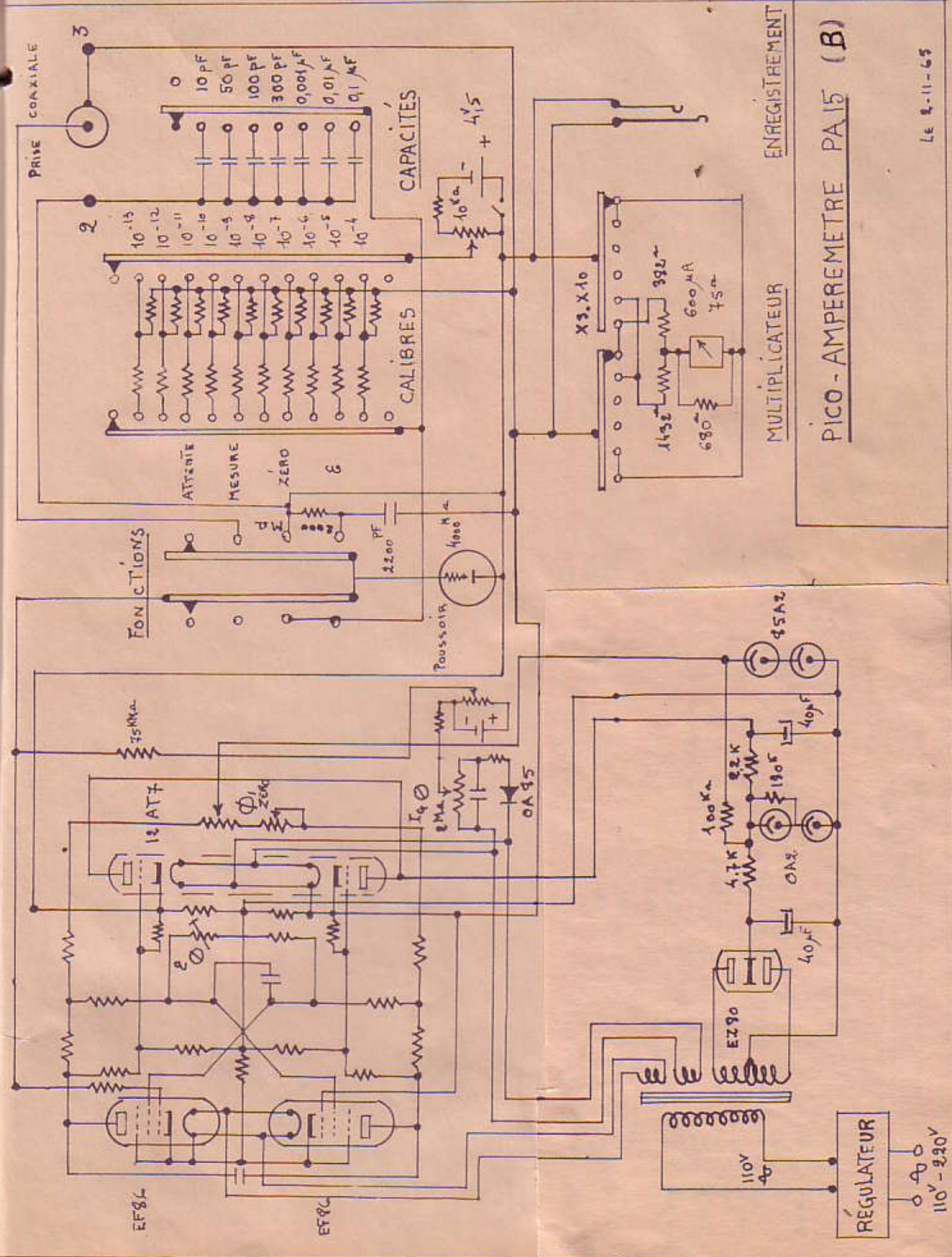
- Régulateur magnétique sinusoïdal 60 VA - 115/220 Volts.

RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES à DIDEROT : 07-74

- Le matin de préférence de 9 à 12 heures.

GARANTIES :

UN AN l'appareil.
SIX MOIS les tubes.



LE 2-11-65