

A. O. I. P. "MESURES"
23 à 27, Place Jeanne d'Arc
B.P. N° 301 - 75 PARIS (13e)
TEL : (1) 707-59-79

- NOTICE D'EMPLOI -

- ELECTROMETRE A QUADRANTS

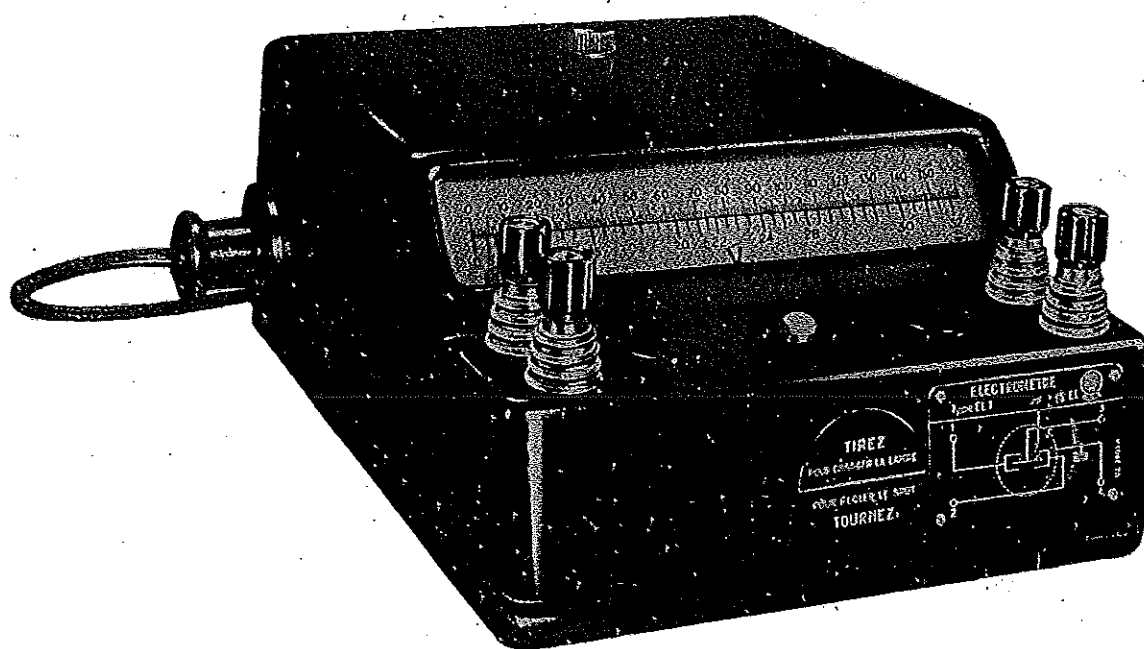
A INDEX LUMINEUX -

Réf. : EL 1

AOIP

- S O M M A I R E -

	<u>Pages</u>
- UTILISATION D'UN ELECTROMETRE	1
A - Principe de l'appareil	1
B - Théorie	1
C - Différents montages	2
D - Précision	5
E - Description	5
F - Mise en oeuvre	6
1 - Montage homostatique ou idiostatique	6
2 - Montages hétérostatiques	6
 Schémas de montages :	
I - Homostatique (ou idiostatique)	} en annexe
II - Hétérostatique simple (ou dissymétrique)	
III - Hétérostatique symétrique	



-ELECTROMÈTRE A QUADRANTS: Réf. EL1-

- ELECTROMETRE A QUADRANTS A INDEX LUMINEUX

Réf. : EL 1

UTILISATION d'un électromètre.

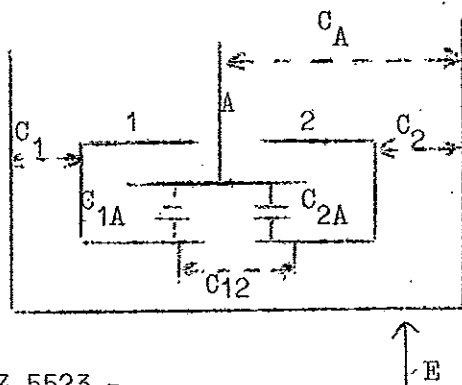
- 1 - Ces appareils peuvent servir à mesurer des tensions continues sans aucune consommation grâce à leur impédance d'entrée élevée. Selon le montage (§ C) la sensibilité par division peut varier de 10 mV à 300 mV et plus. Ils présentent un taux de réjection très élevé par rapport aux tensions alternatives.
- 2 - Ils permettent de faire le produit de deux tensions continues.
- 3 - Selon le montage, ils permettent de faire des mesures en courant alternatif jusqu'à 100 kHz avec une faible consommation. On peut, soit obtenir une valeur efficace, avec une échelle quadratique, soit effectuer le produit de deux tensions alternatives. Ils peuvent donc être employés comme wattmètres basse fréquence. Leur réponse est indépendante de la forme d'onde.
- 4 - Utilisés avec une courbe d'étalonnage, leur précision, normalement égale à 1,5 % peut être considérablement améliorée en atteignant 2 pour mille.
- 5 - Leur indication peut être enregistrée grâce au suiveur de spot SG.

A - PRINCIPE DE L'APPAREIL

Une palette mobile est suspendue par deux rubans entre les armatures d'une paire de quadrants.

Les rubans exercent un couple de torsion, et les quadrants des forces électrostatiques. La position d'équilibre de la palette est telle que le couple de ces forces par rapport à l'axe de suspension, équilibre le couple de torsion. L'ensemble du système est placé à l'intérieur d'un écran électrostatique E. Son état est entièrement défini par les potentiels, les capacités des divers éléments entre eux et la constante de torsion du ruban.

B - THEORIE



Notations : Nous utiliserons pour chaque variable les indices caractéristiques suivants :

A - Palette mobile 1 et 2 : Paires de quadrants, d'où pour les capacités :

C_A capacité aiguille écran

C_1 capacité quadrant 1, écran.

C_{2A} capacité quadrant 2, aiguille, etc...

Pour les potentiels en prenant pour origine le potentiel de l'écran, nous avons trois potentiels V_1, V_2, V_A différents.

Appelons enfin τ la constante de torsion de la suspension et θ la déviation angulaire, le couple de rappel est $\tau\theta$.

On montre alors par application du théorème du travail virtuel que :

$$\tau\theta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial C_A}{\partial \theta} \right) V_A^2 + \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} (V_1 - V_A)^2 + \frac{\partial C_{2A}}{\partial \theta} (V_2 - V_A)^2 + \frac{\partial C_{12}}{\partial \theta} (V_2 - V_1)^2 \right]$$

On peut légitimement supposer que C_{12} est indépendant de θ et que l'écran est placé de telle façon que $\frac{\partial C_A}{\partial \theta} = 0$

Il reste donc

$$2\tau\theta = \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} (V_1 - V_A)^2 + \frac{\partial C_{2A}}{\partial \theta} (V_2 - V_A)^2 \quad (1)$$

En général on suppose $\frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} = -\frac{\partial C_{2A}}{\partial \theta}$

L'appareil est symétrique, et on a :

$$2\tau\theta = \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} (V_1 - V_A)^2 - (V_2 - V_A)^2$$

$$2\tau\theta = \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} (V_1 - V_2) \left[V_1 + V_2 - V_A \right] \quad (2)$$

On peut placer la différence de potentiel à mesurer de différentes façons.

C - DIFFERENTS MONTAGES

1 - On peut choisir comme grandeur à mesurer V_2 potentiel entre l'écran et une paire de quadrants.

Comme il faut que pour $V_2 = 0$ l'angle θ soit nul, afin que l'indication zéro corresponde à la valeur nulle de la variable.

$$\text{Il faut } \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} V_1 (V_1 - 2V_A) = 0$$

Ceci peut être réalisé de trois façons :

$$V_1 = 0$$

$$V_1 = 2V_A$$

$$V_1 = V_A = 0$$

11 - $V_1 = 0$ - L'autre paire de quadrants est reliée à l'écran.

La déviation est donnée par :

$$\theta = \frac{-1}{2\epsilon} \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} V_2 (V_2 - 2V_A)$$

12 - $V_1 = 2V_A$

L'autre paire de quadrants est placée au moyen d'une source de tension à un potentiel double de celui de la palette par rapport à l'écran.

$$\theta = \frac{1}{2\epsilon} \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} (2V_A - V_2) V_2$$

La déviation est la même que dans le montage précédent mais ce montage est moins pratique car il faut disposer d'une source de tension donnant un potentiel $2V_A$, alors que dans le cas précédent, il suffit d'une source V_A donnant un potentiel moitié V_A .
Ce montage n'est donc jamais utilisé.

13 - $V_1 = V_A = 0$

Une paire de quadrants et la palette réunies à l'écran.
La déviation devient :

$$\theta = \frac{-1}{2\epsilon} \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} V_2^2$$

C'est le montage homostatique ou idiostatique dit de Joubert.
Ce montage peut être utilisé en courant alternatif pour donner une valeur efficace.

Il n'est intéressant que si V_2 est suffisamment grand.

Lorsque V_2 est faible et négligeable par rapport à V_A on a intérêt à utiliser le montage 11, dont la déviation est alors :

$$\theta \approx \frac{+2}{2\epsilon} \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} V_A V_2$$

Si la déviation totale est donnée dans le montage de Joubert par $(V_2^2)_{\max}$, dans ce montage elle est obtenue pour $V_2 = (V_2^2)_{\max} / 2V_A$
Si $2V_A$ vaut $30(V_2)_{\max}$ ce qui est courant $V_2 / (V_2)_{\max} = 1/30$

L'appareil est 30 fois plus sensible, il est en outre linéaire.
Le montage 11 est donc conseillé pour les faibles tensions.

2 - On peut choisir comme grandeur à mesurer $V_1 - V_2$

La source à mesurer est alors branchée entre les 2 paires de quadrants.
Il faut que pour $V_1 - V_2 = 0$ l'angle θ soit nul.

Cette condition est automatiquement remplie.

Différents montages sont possibles :

21 - On relie la palette mobile à la paire de quadrants numéro deux

$$V_2 = V_A$$

$$\text{On a alors : } \theta = \frac{1}{2G} \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} (V_1 - V_2)^2$$

C'est le même montage que le montage de Joubert, la tension de la palette mobile n'intervient pas, on peut la prendre égale à zéro.

22 - On relie la paire de quadrants 2 à l'écran.

C'est le montage hétérostatique dissymétrique ou Méthode de Mascart

On a donc $V_2 = 0$

$$\text{et } \theta = \frac{1}{2G} V_1 (V_1 - 2V_A) \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta}$$

Comme V_1 est beaucoup plus petit que $2V_A$, on voit que :

$$\theta \approx \frac{-2}{2G} V_1 V_A \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta}$$

C'est le même montage que le montage 11.

Il est pseudo-linéaire. Il peut fonctionner en tension alternative et permet avec une précision moyenne d'obtenir la valeur moyenne du produit de deux grandeurs alternatives.

X3 - On peut choisir comme grandeur à mesurer V_A .

La grandeur à mesurer est introduite entre la palette mobile et l'écran.

Pour que θ soit nul pour $V_A = 0$

il faut que $V_1^2 - V_2^2 = 0$

Donc que $V_1 = \pm V_2$

On ne peut choisir que $V_1 = -V_2$ sinon le terme $V_1 - V_2$ serait nul.

Pour cela, on dispose d'une source de polarisation à point milieu et l'on relie le point à l'écran, chacun des quadrants est alors relié à la source : c'est le montage hétérostatique symétrique.

La déviation est donnée par :

$$\theta = \frac{4 V_1 V_A}{2G} \frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta}$$

L'appareil est rigoureusement linéaire, la sensibilité est le double pour une même tension V_1 que dans le montage 11. Par contre, la tension maximum entre quadrant et aiguille est $V_A + V_1$ tandis que dans le montage 11 elle n'est que $V_A - V_2$.

On ne peut donc pas se permettre une tension de polarisation aussi élevée que dans le montage 11, ce qui diminue légèrement le gain obtenu en sensibilité.

Ce montage présente l'avantage de pouvoir fonctionner en wattmètre, il suffit que l'une des deux tensions V_1 ou V_A soit produite par le circuit intensité du wattmètre et l'autre par le circuit tension.

Il permet de faire le produit de deux grandeurs et de mesurer la valeur moyenne de ce produit.

Les fréquences limites d'utilisation sont de l'ordre 100 kHz car la dissipation de puissance croît comme la fréquence et ne peut pas dépasser quelques dixièmes de watt sans endommager l'appareil.

D - PRECISION

La précision absolue est limitée par les difficultés pratiques de réalisation exacte de la condition

$$\frac{\partial C_{1A}}{\partial \theta} = -\frac{\partial C_{2A}}{\partial \theta}$$

plus que par les variations et la non-linéarité de la constante de torsion. Elle est de l'ordre de 1 %.

La flexion de la palette mobile en fonction des attractions électrostatiques modifie l'exactitude de la réalisation de la condition de base. Cette flexion est fonction du montage et des tensions de polarisation.

Il en résulte que pour un montage donné et une tension de polarisation donnée, il est possible de tracer des courbes d'étalonnage qui tiennent compte des imperfections de réalisation. Ces imperfections ne se modifiant pas au cours du temps, la courbe obtenue est valable plusieurs années.

On peut alors au moyen de cette courbe faire des mesures à 2 pour mille près.

E - DESCRIPTION

Dans un boîtier, les éléments suivants sont réunis :

- une échelle de lecture
- un ensemble optique complété par un système d'éclairage
- un électromètre dont l'équipage est maintenu entre deux rubans, ce qui supprime la fragilité des équipages suspendus et les inconvénients de leur mise en station.

Le boîtier, en matière moulée noire est métallisé intérieurement pour former un écran électrostatique. La présentation de cet appareil est identique à celle des galvanomètres à index lumineux G 221 - G 223 - G 225.

L'échelle de lecture a une longueur utile de 160 mm, elle comprend deux graduations, l'une linéaire de 160 divisions, chiffrée de 10 en 10 de 0 à 150, l'autre quadratique de 60 divisions, chiffrée de 5 en 5 de 0 à 30, le point 30 correspond au point 150 de la graduation linéaire.

L'ensemble optique est composé de 3 miroirs, l'un solidaire de l'équipage mobile, les deux autres fixes et solidaires du châssis. La longueur de l'aiguille équivalente aux renvois optiques est de 48 cm.

Le système d'éclairage comprend un transformateur d'alimentation pour secteur 50 Hz, 127 ou 220 V/6 V - 5 A - pour ampoule 6 V - 0,35 A. Un cordon d'alimentation secteur de 1 mètre de longueur est fourni avec l'appareil.

L'équipage mobile est constitué par une palette en mica de faible épaisseur, parfaitement rigide, dorée sur les deux faces. Il pèse au total 0,2 gramme. Vu sa légèreté, il n'est pas prévu de calage pour le transport.

La palette est placée entre deux paires de quadrants dorés isolés de la masse.

La période est de l'ordre de 1,5 seconde et le temps de prise de point de 2 à 3 secondes.

L'isolement de l'ensemble est particulièrement soigné, les supports de quadrants et de connexions sont en altuglas. Les connexions sont isolées au polythène et les bornes du type "traversée" sont étudiées pour augmenter au maximum la résistance de fuite.

La résistance d'isolement entre les bornes est supérieure à 100 millions de mégohms (10^{14} ohms).

La capacité entre palette et quadrants est inférieure à 20 pF, l'impédance d'entrée est donc importante même en utilisation haute fréquence.

CARACTERISTIQUES GENERALES :

Dimensions : largeur 205 - Profondeur 275 - Hauteur 120 mm.
Masse : 3,2 kg.

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES :

Chaque paire de quadrants, la palette mobile et l'écran sont sortis sur 4 bornes isolées de sorte que divers montages sont possibles en combinant différemment les éléments de l'équipage.

F - MISE EN OEUVRE

On peut utiliser l'appareil soit en montage homostatique (ou idiostatique), soit en hétérostatique (dissymétrique ou symétrique). On retrouve dans les 3 schémas ci-joints, le dessin figuré sur la plaquette apposée sur l'appareil et dans laquelle les connexions en traits gras sont celles existant à l'intérieur du boîtier, et les connexions en traits fins sont celles à réaliser extérieurement du boîtier selon l'utilisation choisie. Les connexions extérieures doivent être établies en-fil bien isolé, au polythène par exemple. Avant toute manipulation, régler le zéro de l'équipage mobile à l'aide du bouton moleté marqué "Zéro", comme indiqué ci-après, pour chaque montage particulier.

1 - MONTAGE HOMOSTATIQUE OU IDIOSTATIQUE -

Réaliser les connexions comme indiqué sur la figure I.

Le calibre est d'environ 30 V, l'échelle est quadratique et la tension peut être indifféremment continue ou alternative, sinusoïdale ou non.

Le tension à mesurer est appliquée entre les bornes 2 et 4.

Pour faire le zéro, court-circuiter les bornes 1-2-4.

La lecture peut se faire ensuite directement sur l'échelle inférieure quadratique.

2 - MONTAGES HETEROSTATIQUES -

Ces montages nécessitent une alimentation extérieure (batterie de piles par exemple), la tension délivrée doit être réglable car elle permet d'ajuster le calibre.

L'utilisation ne peut se faire alors qu'en courant continu et l'échelle est linéaire.

On distingue, soit le montage symétrique, (fig. III), soit le montage simple ou dissymétrique (méthode de Mascart (fig. II)).

Ce dernier montage exige une source de tension plus simple ; une pile et un potentiomètre suffisent, mais la capacité d'entrée est plus importante ce qui peut faire préférer le montage symétrique, dans le cas où cette capacité d'entrée a une importance (réducteur capacitif par exemple).

Comme on peut le voir sur le schéma III, le montage symétrique exige 2 résistances égales de 0,1 à 1 M Ω environ, ou deux sources égales de manière à avoir un point milieu rigoureusement équilibré entre les 2 paires de quadrants, La tension est alors appliquée entre ce point (relié par ailleurs, à l'écran) et l'équipage mobile.

Dans l'un ou l'autre montage, avec une tension U_p de 200 à 250 V, on peut atteindre une sensibilité maximale de 3 V pour P 150 mm d'échelle.

Pour les calibres faibles (inférieurs à 7 ou 8 V pour la déviation totale) la linéarité n'est pas parfaite, et l'on peut être appelé à tracer une courbe d'étalonnage.

En tout état de cause, la classe de précision reste toujours cependant de 1,5 %.

Pour faire le zéro :

- dans le montage (fig. II), court-circuiter 1 et 2 et débrancher la source en laissant le potentiomètre de réglage entre 3 et 4 ; amener le spot au zéro. Brancher la pile en laissant 1 et 2 en court-circuit. Vérifier alors qu'en ôtant le court-circuit entre 1 et 2, il n'y a ni déviation ni dérive.
- dans le montage (fig. III), court-circuiter 3 et 4 et ôter la pile en laissant les 2 résistances d'équilibrage en place. Amener le spot au zéro. Brancher alors la pile en laissant 3 et 4 en court-circuit. Si l'équilibrage du point milieu entre les quadrants est correct, le zéro ne doit pas varier. Dans le cas contraire, parfaire cet équilibrage en mettant un potentiomètre de 1000 ohms environ entre les 2 résistances fixes.

Le spot étant alors au zéro, vérifier qu'en ôtant le court-circuit entre 3 et 4, il n'y a ni déviation, ni dérive.

NOTA - Si en supprimant le court-circuit des bornes d'entrée on observe une déviation ou une dérive, c'est que les connexions ou l'intérieur de l'appareil présentent des courants de fuites non négligeables. Vérifier alors l'isolement des connexions, nettoyer les bornes avec un chiffon très propre, mettre éventuellement l'appareil sur support isolant, ou mieux le mettre quelques heures dans une atmosphère desséchante (actigel).

Il peut aussi arriver qu'en milieu perturbé l'appareil recueille plusieurs millivolts alternatif et fonctionne en valeur efficace.

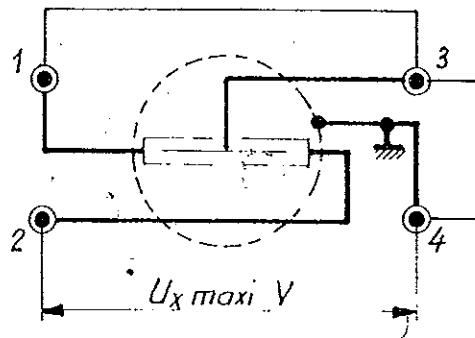
ATTENTION ! L'alimentation secteur n'est pas "bi-tension".
Elle peut être 127 ou 220 V - 50 Hz. Préciser la tension désirée à la commande.

AOIP

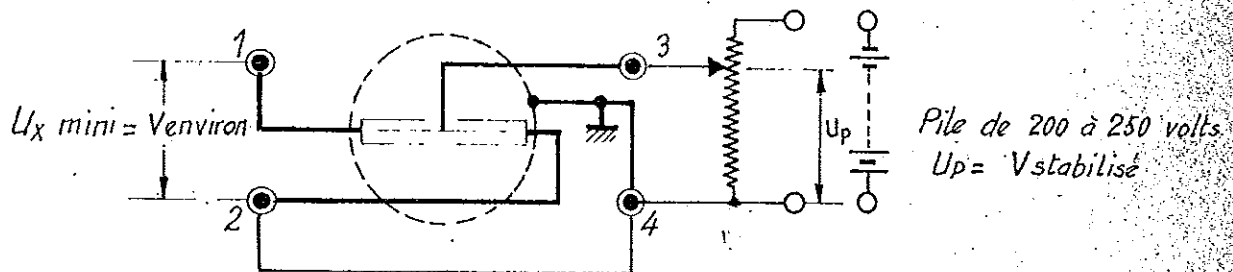
DÉPARTEMENT MESURES
23 à 27 PLACE JEANNE D'ARC
PARIS 13^e TEL POR 59.79

MONTAGE DE L'ELECTROMETRE EL1

I/ MONTAGE HOMOSTATIQUE (ou IDIOSTATIQUE) Méthode de Joubert



II/ MONTAGE HETEROSTATIQUE SIMPLE (ou DISSYMETRIQUE) Méthode de Mascart.



III/ MONTAGE HETEROSTATIQUE SYMETRIQUE

