



# TUBES

# ÉLECTROMÈTRES MAZDA

APPLICATIONS INDUSTRIELLES I

ÉLECTROMÈTRES

FÉVRIER 1956

**LES CAHIERS**  
**MAZDA**  
DÉPARTEMENT RADIO



## SOMMAIRE

	pages
INTRODUCTION	3
NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES TUBES ÉLECTROMÈTRES MAZDA	5
PROPRIÉTÉS DES TUBES ÉLECTROMÈTRES MAZDA	6
MONTAGES UTILISANT LES TUBES ÉLECTROMÈTRES	6
UTILISATION DE L'ÉLECTROMÈTRE SIMPLE	7
L'ÉLECTROMÈTRE DOUBLE	10
UTILISATION DE L'ÉLECTROMÈTRE DOUBLE	12
PRÉCAUTIONS A PRENDRE DANS L'EMPLOI DES TUBES ÉLECTROMÈTRES	16
CHOIX DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES CIRCUITS	18
QUELQUES USAGES DES TUBES ÉLECTROMÈTRES	19
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	20
CARACTÉRISTIQUES DES TUBES ÉLECTROMÈTRES MAZDA	21 A 24



## INTRODUCTION

La mesure des tensions électriques constantes (tensions continues) se ramène dans les voltmètres industriels à une mesure de courant dans une résistance connue ( $V = RI$ ). Cette méthode prélève sur la source à mesurer une puissance  $W = U^2/R$ . Si la résistance  $R$  de l'appareil de mesure est très grande, cette puissance prélevée tend vers zéro et la grandeur mesurée tend vers la force électromotrice de la source.

Pour mesurer les forces électromotrices, on utilise les électromètres (Kelvin, Compton, Dolezalek, Lindemann, etc.). Ces appareils sont basés sur la force d'attraction électrostatique qui s'exerce entre deux conducteurs auxquels on applique la différence de potentiel, et dont l'un est mobile.

De même, l'électromètre sert à mesurer les courants trop faibles pour être décelés par les moyens ordinaires. En effet, les galvanomètres à lecture directe sont utilisables jusqu'au microampère, les galvanomètres à miroir, organes déjà délicats, jusqu'à  $10^{-10}$  à  $10^{-11}$  ampère; de tels courants se rencontrent dans les mesures de vide par jauges d'ionisation, dans les mesures de fuite sur les isolants haute tension, etc.

Mais, certaines mesures photoélectriques, les spectromètres de masse, les chambres d'ionisation de recherches de radiations mettent en œuvre des courants inférieurs à  $10^{-10}$ , allant jusqu'à  $10^{-16}$ , soit 600 électrons-seconde: en faisant passer ces courants dans des résistances très élevées ( $10^{12}$  ohm et plus) ou en les utilisant à la charge de capacités, on revient à la mesure de forces électromotrices.

Les mesures à l'électromètre sont réputées délicates et cela à juste titre car les forces électrostatiques mises en jeu, proportionnelles au carré de la d.d.p. à mesurer, deviennent très faibles pour de faibles tensions et leur mesure conduit à des appareils comportant des équipages légers et fragiles utilisant les matériaux électrotechniques à la limite de leurs possibilités.

C'est le principal intérêt du tube électronique dit tube électromètre, de pouvoir remplacer ces appareils délicats par des ensembles permettant des mesures aussi précises, mais beaucoup plus robustes et pouvant de ce fait être aussi bien employés dans les laboratoires que dans les applications industrielles.



**TUBES**



**ÉLECTROMÈTRES**

**MAZDA**

## NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES TUBES ÉLECTROMÈTRES MAZDA

Les tubes électromètres sont destinés à mesurer ou à détecter soit des tensions de très faibles valeurs provenant de sources ayant une résistance interne élevée, soit des courants très faibles circulant dans des circuits de grande résistance.

Leurs facilités d'utilisation, moyennant certaines précautions indiquées plus loin, leur permettent de suppléer à l'emploi de galvanomètres à très haute sensibilité ou d'électromètres électrostatiques, instruments fragiles et non transportables.

Les électromètres modernes sont des tubes électroniques à vide élevé, constitués d'un filament, de deux grilles et d'une anode. Ils fonctionnent avec de faibles tensions de grilles et d'anode, et les courants d'alimentation réduits qu'ils exigent permettent l'utilisation d'accumulateurs ou de batteries de piles.

La première grille dans un tube électromètre MAZDA est une grille accélératrice ou grille à charge d'espace, portée à un faible potentiel. L'une des fonctions de cette grille est de repousser les ions positifs émis par la cathode. Sa présence réduit le courant inverse de la grille d'entrée au dixième environ de ce qu'il serait dans une triode équivalente.

La deuxième grille est la grille d'entrée, c'est-à-dire la grille de mesure ou grille à fort isolement. Elle est portée à un potentiel négatif de faible valeur. L'anode est à une tension positive légèrement supérieure à celle de la grille accélératrice.

Toutes les sorties d'électrodes, sauf celle de la grille de mesure sont faites par la base du tube. La grille de mesure est connectée à l'extrémité supérieure de l'ampoule afin d'obtenir une très forte résistance d'isolement de cette électrode.



## **PROPRIÉTÉS DES TUBES ÉLECTROMÈTRES MAZDA**

Les particularités de construction des tubes électromètres MAZDA leur procurent un certain nombre d'avantages sur les tubes électroniques courants et les rendent précisément propres à être utilisés pour la mesure de faibles tensions ou courants. Ces particularités sont les suivantes :

- 1° La résistance d'isolement du circuit de la grille de mesure est au moins égale à  $10^{14}$  ohms et peut même atteindre une valeur aussi élevée que  $10^{16}$  ohms. En comparaison, la résistance d'isolement de la grille des tubes électroniques ordinaires ne dépasse pas  $10^8$  à  $10^9$  ohms.
- 2° Le courant inverse de la grille de mesure est de l'ordre de  $10^{-15}$  ampère pour une tension de grille inférieure à  $-3$  volts.
- 3° La capacité d'entrée est faible.
- 4° Ces tubes fonctionnant avec des tensions ne dépassant pas 10 volts et n'exigeant que de faibles intensités, il est possible d'utiliser pour l'alimentation de l'anode, des grilles et du filament des éléments d'accumulateurs de forte capacité, peu sujets à des variations de tension pendant la durée d'une mesure. Dans le cas d'appareils portatifs, cette alimentation peut même être assurée par des batteries de piles sèches. (1)

## **MONTAGES UTILISANT LES TUBES ÉLECTROMÈTRES**

Les tubes électromètres MAZDA sont susceptibles d'équiper différents montages dont le choix par l'utilisateur dépendra de la valeur de la grandeur à mesurer, de la précision et de la stabilité requises ou même des possibilités de réalisation.

Un certain nombre de montages types sont indiqués ci-après en partant, pour les premiers, du maximum de simplicité pour atteindre, avec les derniers, le maximum de précision et de stabilité que permet actuellement la technique.

### **électromètre simple MAZDA**

Tube comprenant : un filament, une grille à charge d'espace, une grille à fort isolement, une anode.

### **électromètre double MAZDA**

Tube comprenant : un filament, une grille à charge d'espace, deux grilles de contrôle, deux anodes.

Les avantages supplémentaires de ce deuxième modèle seront exposés plus loin en détail.

(1) L'alimentation par le secteur peut être également utilisée, mais dans ce cas il est indispensable de prévoir des dispositifs réduisant les fluctuations du secteur à un ordre de grandeur non préjudiciable à la stabilité des indications de l'appareil de mesure.



## UTILISATION DE L'ÉLECTROMÈTRE SIMPLE

### 1° montage simple

Le premier montage exposé (Figure 1), le plus simplement réalisable, permet de mesurer des courants allant jusqu'à  $10^{-14}$  ampère et des tensions de l'ordre de quelques microvolts provenant de sources de résistance interne élevée ou ne pouvant débiter que des courants de très faible valeur.

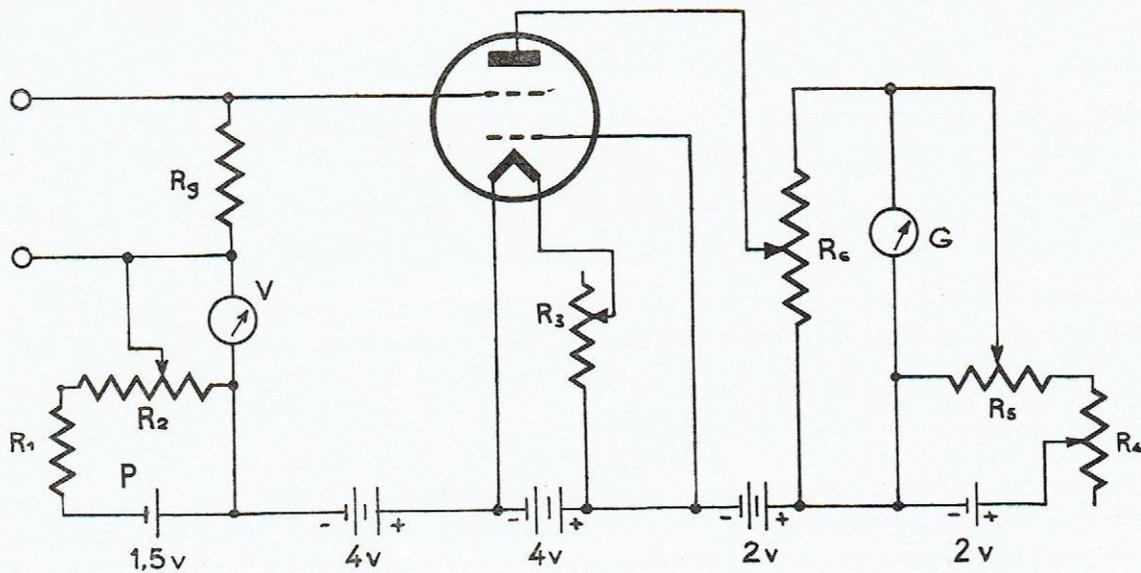


Figure 1  
Electromètre 6250

$R_1$  : 10.000 ohms  
 $R_2$  : potentiomètre 1.000 ohms  
 $R_3$  : rhéostat 40 ohms  
 $R_4$  : rhéostat 400 ohms  
 $R_5$  : potentiomètre 10.000 ohms

$R_6$  : potentiomètre 10.000 ohms  
V : millivoltmètre  
G : galvanomètre sensible  
 $R_g$  : résistance élevée  $10^7$  à  $10^{12}$  ohms  
P : pile en opposition avec la tension à mesurer

Avant de procéder à toute mesure, le réglage s'opérera de la façon suivante : le millivoltmètre étant à zéro, on amènera l'aiguille du galvanomètre au zéro par réglage de  $R_4$ ,  $R_5$ . Le courant à mesurer,  $i$ , provoque dans  $R_g$  une chute de tension,  $e$  :

$$e = R_g \cdot i$$



La variation de courant d'anode qui en résulte fait dévier l'aiguille du galvanomètre. Celle-ci est ramenée au zéro par la variation de  $R_2$ . Le millivoltmètre indique alors la valeur de  $e$ .

La sensibilité du montage peut être évaluée de la manière suivante :

Soit  $s$  la pente du tube électromètre,

$$s = \frac{k \times D}{R_g \times i}$$

Supposons que :

$$k = 10^{-9} \text{ ampère par mm de déviation}$$

$$R_g = 10^{10} \text{ ohms}$$

$$s = 25 \text{ microampères par volt.}$$

On trouve qu'un courant de  $4.10^{-15}$  ampère crée une déviation de l'aiguille du galvanomètre de 1 mm, ce qui correspond à une amplification de courant de 250.000.

La puissance prélevée sur la source à mesurer est dans ce cas :

$$R_g.i^2 = 16 \times 10^{-20} \text{ watt}$$

La sensibilité est fonction de la constante du galvanomètre utilisé et de la résistance  $R_g$ . La précision de la mesure dépend du choix du millivoltmètre et des possibilités de réglage du potentiomètre  $R_2$ .

## 2° montage stabilisé

Le montage précédent présente des risques de déséquilibre et d'instabilité. Il ne peut convenir qu'à une mesure où une très grande précision n'est pas requise, et telle que le temps d'expérimentation soit suffisamment court pour que l'on puisse négliger dans cet intervalle, en particulier, les variations éventuelles des sources d'alimentation.

Il existe, en effet, dans un montage utilisant un tube électromètre de multiples causes d'instabilité pouvant nuire à la précision des mesures. Moyennant les précautions d'emploi indiquées plus loin dans un chapitre spécial, il sera possible de remédier à la plus grande partie d'entre elles.

Deux effets subsistent cependant qui peuvent provoquer une dérive du zéro de l'instrument de mesure.

Ce sont :

- a) Les variations de tension des sources d'alimentation ;
- b) Les variations isothermes de l'émission du filament.

La première de ces causes de dérive peut être, pour une large part, compensée par l'utilisation du montage de la Figure 2 (2).

(2) L.A. du Bridge et H. Brown - Rev. Sci. Inst. 4,532 (1933) - D.B. Penick - Rev. Sci. Inst. 6,115 (1935).

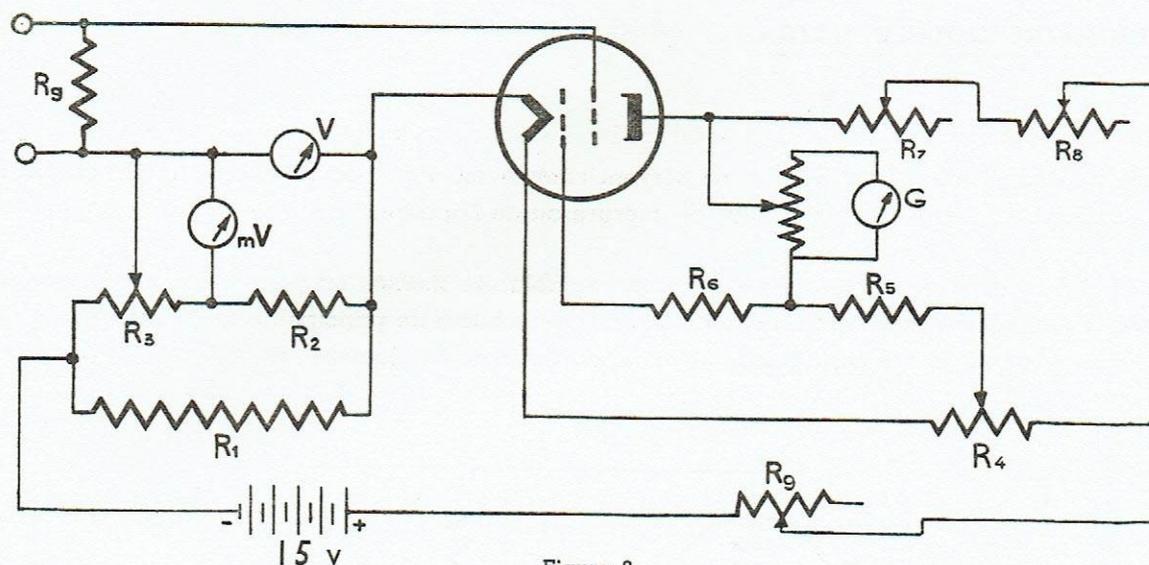


Figure 2  
Electromètre 6250

$R_1$ : 80 ohms	$R_8$ : rhéostat 20.000 ohms
$R_2$ : 10.000 ohms	$R_9$ : potentiomètre 50 ohms
$R_3$ : potentiomètre 1.000 ohms	V : voltmètre
$R_4$ : potentiomètre 130 ohms	mV : millivoltmètre 0-500 mV
$R_5$ : 2.000 ohms	G : galvanomètre sensible
$R_6$ : 5.000 ohms	$R_g$ : résistance élevée $10^7$ à $10^{12}$ ohms
$R_7$ : rhéostat 1.000 ohms	

Une seule source d'alimentation fournit la tension de chauffage et les tensions appliquées aux diverses électrodes. Les résistances des circuits peuvent être ajustées de manière à rendre les déviations du galvanomètre indépendantes des petites variations de la tension de la batterie.

Quant à la dérive due aux fluctuations de l'émission électronique du filament, elle ne sera éliminée que dans la mesure où ces fluctuations modifieront le courant d'anode et le courant de la grille de charge d'espace dans le même rapport (3).

Le réglage est le suivant : ajuster la résistance  $R_9$  de manière à amener approximativement le courant filament à sa valeur nominale et, en agissant sur  $R_7$  et  $R_8$ , annuler la déviation du galvanomètre.

Le calcul de la sensibilité et de l'amplification reste le même que dans le cas précédent.

Il peut être nécessaire après 20 à 30 minutes de fonctionnement de réajuster la valeur des résistances.

(3) c.f. J.M. Lafferty et K.H. Kingdon - Journ. of Appl. Phys., 17 novembre 1946, page 895.



## L'ÉLECTROMÈTRE DOUBLE MAZDA

Les montages indiqués ci-dessus, ne servent comme on vient de le voir, que de palliatifs aux causes de dérive du zéro de l'instrument de mesure ou de l'appareil enregistreur.

L'utilisation de deux tubes géométriquement semblables montés en pont a été préconisée depuis longtemps dans la littérature (4) sur cette question (voir schéma de principe de la Figure 3), afin de pallier les fluctuations de la tension d'anode et celles du courant de filament.

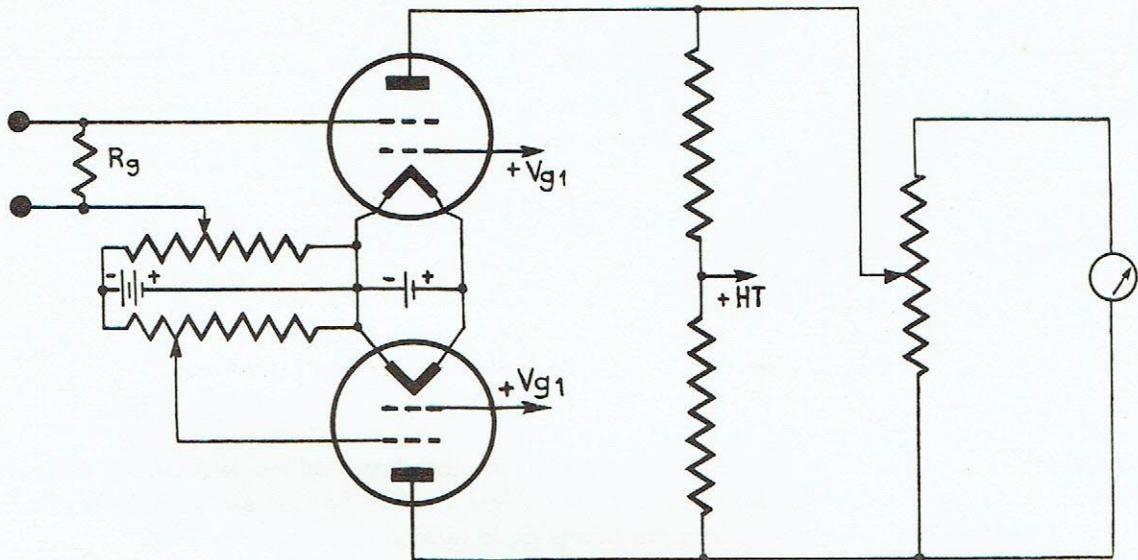


Figure 3

Mais il subsiste des causes de perturbations dues aux tubes eux-mêmes. La plus importante de celles-ci est la variation isotherme de l'émission des filaments des deux tubes utilisés. Ces variations spasmodiques, engendrées par des modifications continuelles de la structure émissive du filament, peuvent être très importantes et même masquer celles dues à la baisse continue de la tension de la batterie de chauffage. Elles provoquent une dérive du zéro qu'il est impossible de compenser de façon certaine dans un montage équilibré à deux tubes.

(4) c.f. Nottingham J. Frank. Inst. 290, 287 (1930).



# tubes électroniques MAZDA

La solution de ce problème a été fournie par la mise en fabrication de l'électromètre double MAZDA.

Non seulement ce tube comporte deux éléments géométriquement semblables placés dans une même ampoule, mais — c'est là le point fondamental — ces deux éléments possèdent un seul organe émetteur d'électrons.

Il résulte de ce mode de construction, comme on le comprend immédiatement, que toute variation même isotherme lente ou rapide de l'émission électronique du filament se répercutera rigoureusement dans la même proportion sur le courant électronique de chacune des deux moitiés du tube électromètre et ne provoquera aucun déséquilibre du pont de mesure.

L'électromètre double MAZDA est constitué de deux ensembles grille-anode, placés systématiquement de part et d'autre d'un filament émissif. La grille accélératrice ou grille de charge d'espace est unique et entoure le filament. La symétrie de ces deux ensembles par rapport au plan de la cathode (filament à oxydes) est réalisée aussi exactement que possible.

Une des grilles de contrôle, celle destinée à l'injection de la tension à mesurer, est connectée au sommet du tube. Afin que son isolement par rapport aux autres électrodes atteigne des valeurs très élevées, un certain nombre de précautions spéciales sont prises dans la construction du montage :

- a) cette grille est suspendue au sommet du tube, donc sa résistance d'isolement est importante ;
- b) le verre de l'ampoule est choisi d'une qualité telle que sa résistivité massique soit la plus élevée possible ;
- c) la surface extérieure du sommet de l'ampoule est recouverte d'un vernis spécial à base de silicures. Ce revêtement isolant évite la formation d'une couche humide continue, améliore très sensiblement l'isolement de surface du verre et rend le tube indépendant des conditions hygrométriques de l'atmosphère.

Toutes les autres électrodes de l'électromètre double MAZDA, y compris la seconde grille de contrôle, sont reliées directement aux broches du culot, puisque pour ces éléments aucune précaution autres que celles de la pratique courante n'est à observer quant à leur isolement.



## UTILISATION DE L'ÉLECTROMÈTRE DOUBLE

Deux montages types équipés de l'électromètre double sont indiqués ci-après comme exemples de ses possibilités d'utilisation.

### 1) montage utilisant un galvanomètre sensible.

Ce montage en pont (Figure 4) destiné à des mesures de précision élimine, comme il a été dit, l'influence de légères variations des sources d'alimentation et celles des variations isothermes de l'émission du filament.

Le potentiomètre  $R_2$  permet le réglage du point milieu électrique servant de point neutre du montage. En effet, le point milieu théorique ne correspond pas toujours au point milieu électrique, on évitera par ce réglage de provoquer un déséquilibre de l'émission.

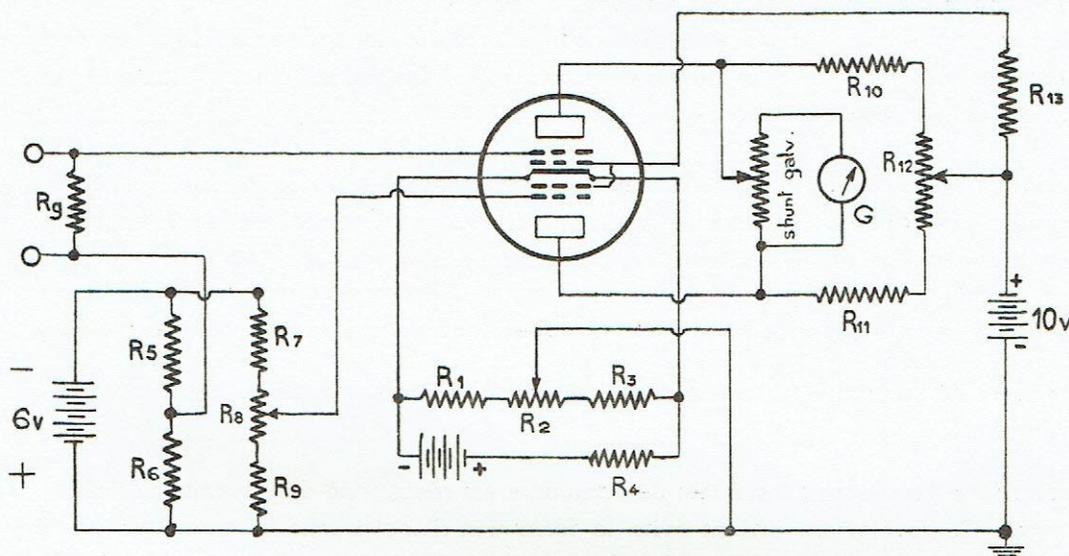


Figure 4

Electromètre 6196

### valeur des éléments

$R_1$ : 650 ohms	$R_9$ : 70.000 ohms
$R_2$ : 200 ohms, potentiomètre	$R_{10}$ : 5.000 ohms
$R_3$ : 650 ohms	$R_{11}$ : 5.000 ohms
$R_4$ : 30 ohms, réglable	$R_{12}$ : 100 ohms potentiomètre
$R_5$ : 2.000 ohms	$R_{13}$ : 10.000 ohms, à ajuster
$R_6$ : 22.000 ohms	$R_g$ : résistance $10^7$ à $10^{13}$ ohms
$R_7$ : 2.000 ohms	$G$ : galvanomètre sensible
$R_8$ : 10.000 ohms, potentiomètre	Pile de chauffage filament : 4,5 volts



# tubes électroniques MAZDA

On opérera de la façon suivante :

R<sub>2</sub> étant fixé d'une manière arbitraire, on règle R<sub>8</sub> pour annuler la déviation du galvanomètre, on achève le réglage par R<sub>12</sub>.

On fait varier le courant filament en agissant sur R<sub>4</sub> et on note le déséquilibre provoqué par cette opération.

On ramène R<sub>4</sub> à sa valeur initiale et on répète la même opération pour une deuxième position de R<sub>2</sub>, et ainsi de suite...

Le point milieu optimum est obtenu lorsque de légères variations de I<sub>f</sub> provoquent un déséquilibre minimum du circuit.

Avant toute mesure l'équilibre du pont sera réalisé en agissant sur les potentiomètres R<sub>8</sub> et R<sub>12</sub>.

L'amplification en tension obtenue est :

$$\frac{E \text{ sortie}}{e \text{ entrée}} = \frac{K \cdot R_a}{\rho + R_a}$$

formule dans laquelle :

K : coefficient d'amplification de l'électromètre,

R<sub>a</sub> : résistance de charge de chaque anode,

ρ : résistance interne de l'électromètre.

Comme précédemment on a :

$$e = R_g \cdot i$$

R<sub>g</sub> : résistance dans la grille d'entrée,

i : courant à mesurer.

La sensibilité peut être exprimée sous la forme :

$$\frac{E \text{ sortie}}{i \text{ entrée}} = \frac{K \cdot R_a}{\rho + R_a} R_g$$

Ce montage est très sensible et permet l'emploi d'un galvanomètre de haute qualité (par exemple : 10<sup>-10</sup> ampère par mm de déviation) et d'une résistance de grille de valeur élevée (10<sup>11</sup> à 10<sup>14</sup> ohms).

Avec une résistance de grille de 10<sup>11</sup> ohms, on trouve une sensibilité  $\frac{E \text{ sortie}}{i \text{ entrée}}$  d'environ 10<sup>10</sup> volts par ampère, soit 10<sup>4</sup> volts par microampère.

Un galvanomètre dont la constante k = 10<sup>-10</sup> ampère par mm et dont la résistance est égale à 2.000 ohms, permettra la mesure d'un courant minimum :

$$i \text{ min} = \frac{10^{-10} \times 2 \cdot 10^3}{10^{10}} = 2 \cdot 10^{-17} \text{ A (5)}$$

Un tel courant correspond à environ 120 électrons par seconde.

Signalons que pour certaines applications, on peut être conduit à supprimer la résistance R<sub>g</sub>, c'est-à-dire à laisser la grille de mesure en l'air, après l'avoir préalablement portée au potentiel de polarisation convenable. Au début de la mesure la capacité d'entrée du tube est donc chargée à ce potentiel : elle va se décharger lentement par la conduction du milieu extérieur. Ce procédé est utilisé dans les mesures d'ionisation de l'atmosphère ou la sommation des émissions radioactives. On tiendra compte dans ces mesures qu'à la décharge due au milieu extérieur s'ajoute celle qui est provoquée par le courant de grille du tube.

(5) Une telle précision ne pourra être atteinte que si l'on tient compte de la dépolarisation due au courant grille du tube. Voir à ce sujet avant-dernier paragraphe « Précautions à prendre... » (— Précautions électriques, page 14).



## 2) montage transportable utilisant un appareil de mesure peu sensible.

Les procédés industriels modernes de contrôle font appel toujours davantage à des appareils comportant des tubes électromètres car, pour une précision donnée, la rapidité des mesures effectuées par ce moyen procure des avantages inégalés.

Le montage de la Figure 5 est donné à titre d'exemple de principe. L'addition d'un étage amplificateur à courant continu à la suite du dispositif électromètre permet d'employer un galvanomètre peu sensible ou même un simple microampèremètre. Il devient alors possible de réaliser un ensemble portatif et de sortir du cadre d'expérimentation du laboratoire.

La tension à mesurer est amplifiée en premier lieu par le tube électromètre, puis par l'étage amplificateur symétrique à courant continu. On a choisi dans le cas présent des tubes amplificateurs à gain

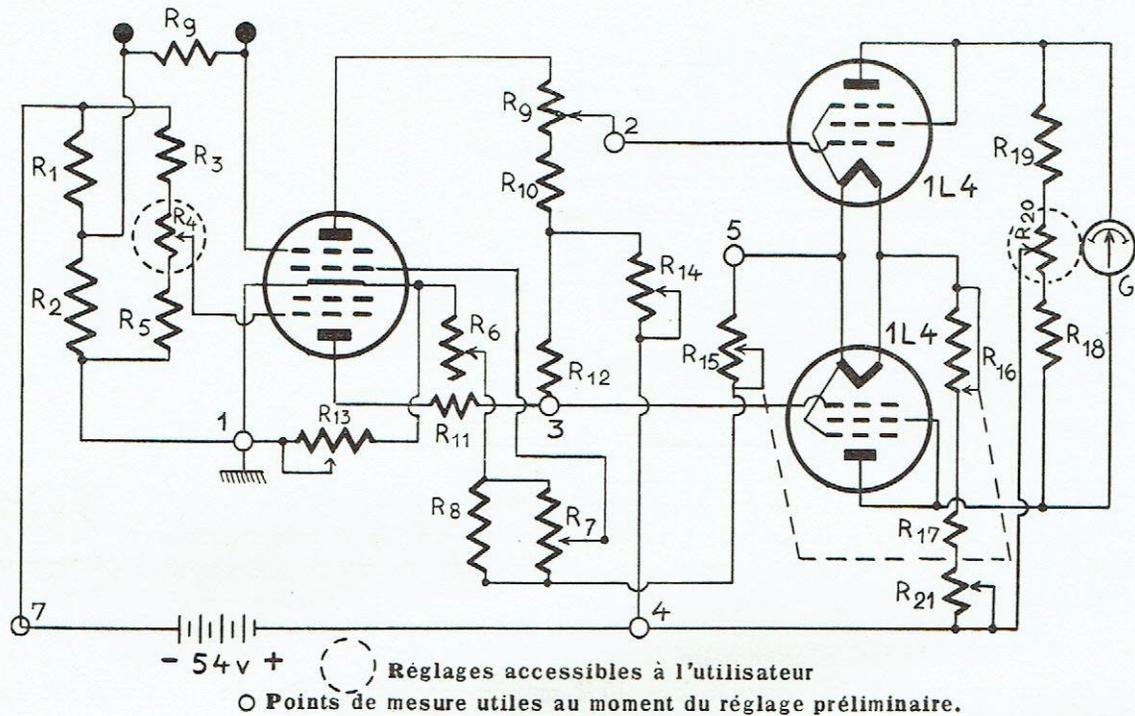


Figure 5

Electromètre 6196

### valeur des éléments

$R_1$ :	20 ohms	$R_{13}$ :	70 ohms, potentiomètre (à ajuster)
$R_2$ :	40 ohms	$R_{14}$ :	50.000 ohms, potentiomètre
$R_3$ :	150 ohms	$R_{15}$ :	100 ohms
$R_4$ :	300 ohms, potentiomètre	$R_{16}$ :	100 ohms } potentiomètres jumelés
$R_5$ :	450 ohms	$R_{17}$ :	100 ohms
$R_6$ :	100 ohms, potentiomètre	$R_{18}$ :	2.200 ohms
$R_7$ :	300 ohms, potentiomètre	$R_{19}$ :	2.200 ohms
$R_8$ :	20 ohms	$R_{20}$ :	500 ohms, potentiomètre
$R_9$ :	50.000 ohms	$R_{21}$ :	500 ohms, potentiomètre
$R_{10}$ :	85.000 ohms	G :	micro ampèremètre à déviation symétrique
$R_{11}$ :	25.000 ohms	$R_g$ :	$10^7$ à $10^{12}$ ohms
$R_{12}$ :	110.000 ohms		



# tubes électroniques MAZDA

élevé pouvant être alimentés par batteries : par exemple, deux pentodes à pente fixe du type 1L4 de caractéristiques aussi identiques que possible. Pour obtenir une plus grande stabilité ces tubes sont montés en triode.

Les valeurs des résistances indiquées sur le schéma ont été choisies en tenant compte des caractéristiques moyennes des tubes électromètres et des 1L4 montés en triode.

Pour qu'un tel montage fonctionne correctement, il convient que chaque étage considéré séparément soit en équilibre.

**Étage de sortie.** — Le réglage porte sur deux conditions :

a) Polarisation de grille de chaque 1L4 de l'ordre de  $-0,5$  volt par rapport au pôle négatif du filament : ce réglage s'obtient en jouant sur les 2 potentiomètres jumelés R15 et R16, dont la somme reste égale à 100 ohms. Il permet de faire varier la tension relative du filament par rapport à celle de la grille. Cette tension se contrôle à l'aide d'un voltmètre.

Ce réglage doit être fait une fois pour toutes au montage de l'appareil. Il n'est pas utile de le répéter à chaque mise en service.

b) Équilibre du pont : R20 est prévu à cet effet. L'équilibre se vérifie sur le microampèremètre.

**Electromètre.** — Comme dans un montage à un seul étage, l'équilibre s'obtient en agissant sur la polarisation de la grille non isolée par réglage de R4. Une fois le réglage achevé, si on applique à la grille de mesure de l'électromètre des variations de  $\pm \frac{x}{10}$  volt, les déviations du microampèremètre doivent être symétriques. Sinon il faudrait retoucher R20 jusqu'à l'obtention de ce résultat.

\*  
\*\*

On peut évaluer l'amplification fournie par ce montage par un calcul analogue à celui fait précédemment.

$$\frac{E \text{ sortie}}{e \text{ entrée}} = \frac{K.K' \cdot R_a \cdot R_a'}{(\rho + R_a)(\rho' + R_a')}$$

formule dans laquelle :

- K : coefficient d'amplification de l'électromètre (égal à 1).
- K' : coefficient d'amplification des 1L4 en triode (égal à 14).
- R<sub>a</sub> : résistance de charge de l'électromètre.
- ρ : résistance interne de l'électromètre (40.000 ohms).
- R<sub>a</sub>' : résistance de charge des 1L4.
- ρ' : résistance interne des 1L4 (12.500 ohms).

De plus,

$$e = R_g \cdot i \text{ comme précédemment.}$$

Avec une résistance de grille de  $10^{11}$  ohms, on trouve une sensibilité  $\frac{E \text{ sortie}}{i \text{ entrée}}$  d'environ  $10^{11}$  volts par ampère, soit  $10^5$  volts par microampère.

Un microampère sensible à  $1 \mu A$  et de résistance interne 2.000 ohms permettra d'apprécier un courant minimum :

$$i = 2 \times 10^{-14} A$$

ce qui correspond à une amplification de courant de  $10^8$  approximativement.

Lorsque la tension appliquée à l'entrée ( $e = R_g \cdot i$ ) reste inférieure à 0,5 volt, le courant I<sub>a</sub> du microampèremètre peut être considéré comme une fonction linéaire de i.



## **PRÉCAUTIONS A PRENDRE DANS L'EMPLOI DES TUBES ÉLECTROMÈTRES**

Les tubes électromètres simples ou doubles devront être montés de préférence dans une position verticale, le culot en bas. Le support du tube devra être choisi de bonne qualité et on s'assurera que les contacts sur les broches sont aussi parfaits que possible.

On trouvera ci-après l'ensemble des précautions qui peuvent être nécessaires pour obtenir les meilleures performances. Il est à souligner que certaines ne sont cependant pas indispensables et que l'utilisateur est laissé libre d'écarter celles qui seraient superflues dans le montage qu'il veut établir.

### **précautions mécaniques**

Le tube électromètre devra être soustrait à l'influence de chocs ou de vibrations, car ceux-ci apporteraient des troubles dans la mesure. On les éliminera, le cas échéant, en plaçant le tube et son support sur des blocs de caoutchouc-mousse. Il est même plus avantageux de suspendre le tube et son blindage sur des supports de caoutchouc, car cet ensemble présente, par son poids, plus d'inertie. De ce fait, les connexions du montage devront être réalisées à l'aide de fils flexibles. La connexion supérieure (grille de mesure) se fera suivant le modèle de tube, soit par une pince formant ressort, soit par un fil flexible soudé directement à la sortie de cette électrode.

Il est recommandé de ne manipuler le tube électromètre que par sa base afin d'éviter d'imprimer des taches de doigts sur la surface du verre au niveau de la corne de grille. Avant la mise en place sur le montage, l'ampoule, particulièrement vers la partie supérieure environnant la grille de mesure, devra être soigneusement préparée afin d'éliminer tout courant de fuite en surface provoquée par les impuretés (poussière ou graisse) qui pourraient s'y trouver.

L'ampoule du tube simple ou du tube double étant traitée superficiellement, comme il a été indiqué, par un vernis hydrofuge aux silicones, de grandes précautions seront prises pour ne pas gratter ou détériorer ce revêtement. Si l'on veut réaliser les meilleures conditions d'isolement de surface, il est recommandé de tremper la partie supérieure de l'ampoule dans l'alcool ou l'éther, puis dans l'eau distillée et de la sécher quelques minutes dans une petite étuve à une température inférieure à 150° C (étuve à rayons infra-rouges, par exemple). Ne jamais employer de solvants tels que benzine ou trichloréthylène. On évitera l'essuyage de l'ampoule qui pourrait, à la longue, faire disparaître le vernis.

Le tube électromètre sera placé dans une boîte étanche à l'air ambiant et à la lumière (voir également plus loin). Il est bon que l'atmosphère entourant l'ampoule soit maintenue sèche. On pourra réaliser cette condition, soit en plaçant dans la boîte contenant le tube un desséchant tel que l'anhydride phosphorique ou le Carbagel (produit régénérable), soit en faisant circuler dans cette enceinte un courant lent d'air ou mieux d'azote sec.



## précautions électriques

La valeur élevée de la résistance d'isolement de la grille de mesure des tubes électromètres impose nécessairement des précautions spéciales lors de leur emploi. Si des changements fortuits se produisent dans la valeur des capacités parasites placées en parallèle sur la capacité grille-masse, il en résultera une variation sensible du potentiel de la grille de mesure qui ne reprendra sa valeur primitive qu'au bout d'un temps assez long.

On pourra éviter également l'accumulation de charges sur l'ampoule par l'adjonction d'un anneau métallique (en clinquant, par exemple) relié à un potentiel égal à celui de la grille.

Les variations du courant d'anode pouvant être de très faible valeur au cours de mesures de précision, il est nécessaire d'éviter que le voisinage de champs électriques ou magnétiques induisent des courants parasites dans les pièces métalliques et les conducteurs du montage et des modifications dans le trajet des électrons. Ces courants induits pourraient provoquer des modifications appréciables du courant d'anode.

Pour éviter ces perturbations, il est recommandé de placer le tube électromètre et l'ensemble de son montage, y compris les appareils de mesure et de contrôle ainsi que les batteries d'alimentation, à l'intérieur d'une cage métallique de préférence en fer.

La boîte métallique contenant le tube électromètre, construite en fer ou en Mu-métal, soustraira celui-ci à l'influence de champs électriques et magnétiques et de l'humidité. Il est important que cette boîte place le tube dans l'obscurité absolue car, en présence même de faibles quantités de lumière, la grille de mesure émettrait suffisamment de photo-électrons pour faire apparaître un courant positif de valeur appréciable.

Le passage de la connexion de la grille de mesure au travers de cette boîte ne devra pas introduire de causes de fuites. Son isolement devra être très soigné. On utilisera à cet effet des matériaux de résistivité très élevée tels que le quartz, le plexiglas ou l'ambre naturel ou synthétique. Pour obtenir une ligne de fuite suffisante, ces pièces seront choisies d'assez grandes dimensions.

Le soin apporté à l'installation du tube électromètre est un facteur essentiel de son bon fonctionnement. A sa mise en service l'ampoule acquerra des charges électriques parasites qui s'écouleront lentement à travers la résistance de la grille de mesure. Les tensions étant appliquées au tube, une demi-heure environ sera nécessaire pour l'écoulement de ces charges.

Il est bon de considérer les tensions indiquées pour l'alimentation des tubes électromètres comme des maxima. Des valeurs inférieures à celles-ci peuvent être utilisées. Il est à noter particulièrement que si l'on applique une tension plus faible au filament, le courant inverse de la grille de mesure sera plus réduit et la résistance équivalente d'isolement de cette électrode s'en trouvera augmentée.

Le courant inverse de grille, si faible qu'il soit, provoque une dépolarisation du tube par son passage dans la résistance d'entrée. Quand on adoptera pour cette résistance une valeur très élevée, il faudra tenir compte de cette chute de tension et appliquer à la grille de mesure une tension négative de polarisation suffisante pour éviter de la situer au-dessous du minimum indiqué.

La précaution suivante peut être également utile dans le cas de mesures à sensibilité élevée : afin de stabiliser le tube électromètre rapidement, il est avantageux de n'appliquer la tension d'anode que quelques secondes après que le filament a été mis sous tension. Cette précaution évitera au tube de subir une dérive qui pourrait s'étendre sur un temps long. On utilisera à cet effet soit une commande manuelle, soit un interrupteur à délai. Quoi qu'il en soit, les mesures de haute précision ne peuvent être entreprises qu'après un temps de stabilisation d'une demi-heure à une heure.



## **CHOIX DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES CIRCUITS**

### **sources d'alimentation**

On utilisera de préférence des accumulateurs de forte capacité. Si ces batteries sont maintenues en bon état, elles seront peu sujettes aux variations. Si on utilise des batteries de piles, on les choisira différemment selon qu'il s'agit d'appareils fixes ou portatifs. Pour des appareils fixes, il existe des batteries de forte capacité, destinées habituellement à la S.N.C.F. ou aux P.T.T. (par exemple, les types AD 2517 et AD 2618 de la C.I.P.E.L, 94, rue Charles-Laffite à Neuilly, ont respectivement des capacités maximum de 100 et 250 mA). Pour obtenir une tension stable pendant toute la durée de la mesure, le constructeur conseille de faire débiter à la batterie 100 à 150 mA sur une charge quelconque, pendant 10 à 15 minutes. L'électromètre sera ensuite mis en fonctionnement.

Pour les appareils portatifs, on utilisera les mêmes piles que dans les postes de radiodiffusion portables, en effectuant plus souvent les réglages et sans pouvoir en attendre le même degré de stabilité.

### **résistances et potentiomètres**

Les éléments résistants doivent avoir des valeurs très stables. On éliminera des montages les résistances à base de carbone en corps agglomérés ou à couche conductrice, pour n'employer que des résistances ou des potentiomètres bobinés en fil résistant. Le fil choisi devra avoir un coefficient de température très faible (par exemple : constantan). Si possible, on utilisera le même alliage pour tous les éléments résistants. On évitera ainsi l'action des variations de température sur l'équilibre du montage, car celles-ci provoqueront des variations de résistance suivant un rapport constant, sans effet sur un montage équilibré.

On n'a pas intérêt à employer des potentiomètres de valeur élevée, car leur réglage se fait généralement dans une zone étroite de part et d'autre d'une valeur moyenne. Il vaudra mieux encadrer un potentiomètre de la valeur utile au réglage par deux résistances fixes en fil bobiné. On obtiendra ainsi plus de précision et une facilité plus grande de ce réglage.

On veillera à ce que les contacts des potentiomètres soient très francs et que les interrupteurs n'aient pas de résistance ni de potentiel de contact (contacts entre pièces de même métal).

### **résistances de valeur élevée**

Il existe dans le commerce des compositions résistantes pouvant atteindre des valeurs aussi élevées que  $10^{13}$  ohms.

Un autre procédé plus généralement utilisé, consiste à vaporiser sous vide un métal en fine couche sur un support isolant en verre ou en quartz. Cet élément est ensuite enfermé dans une enveloppe scellée.

On réalise ainsi des résistances très stables atteignant des valeurs de  $10^{12}$  à  $10^{13}$  ohms et même davantage.

On pourra obtenir tous renseignements sur ce type de résistances en s'adressant aux Etablissements Polywatt, 22, rue Marcelin-Berthelot, Montrouge (Tél. Alésia 38-75) (cf. travaux de Vodar, Laboratoire de Physique, Enseignement de la Sorbonne - voir Références Bibliographiques).

### **emploi des électromètres en photométrie - choix de la cellule**

Les cellules à gaz ou à vide de type classique qui fonctionnent avec une batterie de plusieurs dizaines de volts ne permettent pas des mesures précises. Elles ont en effet un courant d'obscurité important, qui est fonction de la tension anodique appliquée et qui n'est pas stable.

Les cellules qui donnent les meilleurs résultats sont du type Gillot-Boutry. Leur emploi dans la



photométrie de précision paraît recommandé parce que leur courant photoélectrique est proportionnel au flux lumineux incident et que leur courant d'obscurité a une valeur négligeable. De plus, elles ne présentent pas d'inertie et sont stables et fidèles.

Les renseignements concernant ces cellules sont fournis par la Société d'Application Photoélectriques, 21, rue de Madrid, Paris-8<sup>e</sup> (Tél. Laborde 12-42).

## emploi des électromètres avec condensateur d'entrée : choix des condensateurs

En particulier dans les mesures piézoélectriques, on apporte à un condensateur placé dans le circuit de grille des charges électrostatiques. Les condensateurs de types classiques ont une résistance de fuite qui serait très inférieure à celle du tube électromètre. On choisira donc des condensateurs spéciaux très isolés ( $R > 10^{12}$  ohms). On pourra consulter à cet effet, entre autres :

- Société Industrielle des Condensateurs,  
95, rue de Bellevue à Colombes (Tél. Cha. 29-22).
- André Serf et Cie,  
12, rue du Faubourg-du-Temple (Tél. Nor. 10-17).

## QUELQUES USAGES DES TUBES ÉLECTROMÈTRES

Voici quelques exemples des usages où les tubes électromètres MAZDA ont pu être utilisés avec profit :

MESURES DES RÉISTANCES DE VALEURS TRÈS ÉLEVÉES.

MESURES D'ISOLEMENT.

MESURE DES COURANTS PHOTOÉLECTRIQUES.

ÉTAGE DE SORTIE DES MULTIPLICATEURS D'ÉLECTRONS.

MESURES DES POTENTIELS DANS L'ÉTUDE DU PH.

MESURES D'IONISATION (DÉCHARGE D'UNE ÉLECTRODE).

MESURES PIÉZOÉLECTRIQUES.

INTÉGRATEURS (MACHINES A CALCULER ÉLECTRONIQUES).

ANALYSES SPECTROGRAPHIQUES INDUSTRIELLES.

MESURES D'INTENSITÉ DE RADIATIONS.

ETC., ETC...



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A. - électromètre

1. Ferrié, Jouaux et Mesny, C.R. Acad. Sc 178, 117 (1924).
2. R.P. Lejay, C.R. Acad. Sc. 178, 1481 (1924).
3. R.P. Lejay, C.R. Acad. Sc. 178, 2171 (1924).
4. Ferrié, Ond. Electr. (1925).
5. G.F. Metcalf et B.J. Thompson, Phy. Rev. 36, 1439 (1930).
6. L.A. Dubridge et H. Brown, Rev. Scient. Instr. 4, 532 (1933).  
D.B. Penick, Rev. Scient. Instr. 6, 115 (1935).
7. J.C.M. Brentano, Nature 108, 532 (1921).  
L.A. Dubridge, Phy. Rev. 37, 392 (1931).
8. J.M.C. Brentano, Phil. Mag. 7, 685 (1929).
9. J.M.C. Brentano et P. Ingleby, J. Sc. Instr. 16, 81 (1939).
10. I. Langmuir, Phys. Rev. 21, 419 (1923).
11. W. Nottingham, J. Frank. Inst. 209, 287 (1930).
12. J.M. Lafferty et K.H. Kingdon, Jour. of. Appl. Phys. 17, 894 (Nov. 1946).
13. A. Godefroy, Système d'alimentation à courant constant. C.R. Acad. des Sciences 224, 1703 (1947).
14. A. Godefroy, Enregistreur pour la mesure des résistances élevées et variables. Annales de Géophysique 5, fasc. 2 (1949).
15. Hinz et Kallmann, Applications des éléments non linéaires. Electronics (Août 1946).
16. Dubois, Les lampes électromètres. Conditions de fonctionnement et utilisation. Annales d'Astrophysique, 5 (1942).
17. Dongelet et Divoux, Journal de Physique (1934).
18. D.H. Peirson, Electronic Engineering (Février 1950).

### B. - résistances de valeurs élevées

19. Vodar et Mestovetch, C.R. Acad. Sc. 226, 167 (1948).
20. Darmois, Vodar et Mestovetch, C.R. Acad. Sc. 228, 992 (1949).



## 6196 . ÉLECTROMÈTRE DOUBLE, SÉRIE MINIATURE . 9 BROCHES

Le tube 6196 est une tétrode miniature à montage symétrique, destiné aux mesures électrométriques par montage en pont.

Il comporte un filament unique à faible consommation, une grille n° 1 à charge d'espace et deux ensembles grille n° 2 - anode identiques géométriquement et disposés symétriquement par rapport au plan du filament. Une des grilles n° 2 connectée au sommet du tube est très fortement isolée par rapport aux autres électrodes; l'autre grille n° 2 sert de grille d'équilibrage du pont.

### CARACTERISTIQUES GENERALES

Filament à oxydes	
Tension filament	3 Volts
Courant filament	45 min. 50 moy. 55 max. mA
Capacité grille n° 2 (élément de mesure) par rapport à toutes les autres électrodes	3,7 pF
Encombrement	V.2-N.1
Hauteur maximum	64 mm
Diamètre maximum	22,2 mm
Base	MN9
Brochage	8.N-UA

Tension de grille n° 2	-4	Volts
Courant d'anode par élément	25	$\mu$ A
Courant de grille n° 1	750	$\mu$ A
Pente par élément	>20	$\mu$ A/V
Résistance équivalente d'entrée de la grille de mesure	>10 <sup>15</sup>	$\Omega$
Courant total inverse de la grille de mesure	2,10 <sup>-15</sup>	A approx.

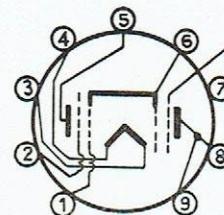
### CONDITIONS MAXIMA DE FONCTIONNEMENT

Tension d'anode	9 Volts max.
Tension de grille n° 1	6 Volts max.
Tension de grille n° 2	-2 Volts max.

### EXEMPLE TYPIQUE D'UTILISATION

Tension d'anode	9	Volts
Tension de grille n° 1	6	Volts

### DISPOSITION DES BROCHES



8. N-UA

### Broches de la base, face à l'Observateur

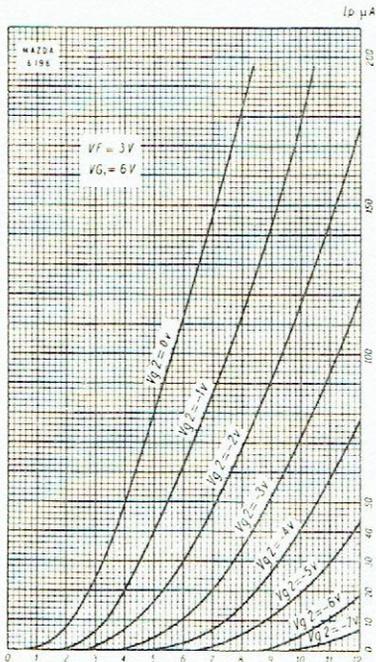
N° 1 - Grille N° 1	N° 5 - Anode de la partie non isolée.
N° 2 - Grille N° 2 de la partie non isolée	N° 6 - Grille N° 1.
N° 3 - + filament.	N° 7 - Non connectée.
N° 4 - - filament.	N° 8 - Anode de mesure
	N° 9 - Anode de mesure

La grille n° 2 de mesure est reliée au sommet de l'ampoule

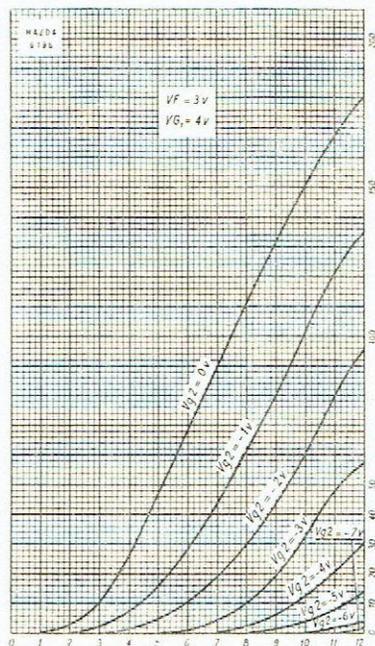


## MAZDA 6196

COURBES DU COURANT D'ANODE EN FONCTION DE LA TENSION D'ANODE



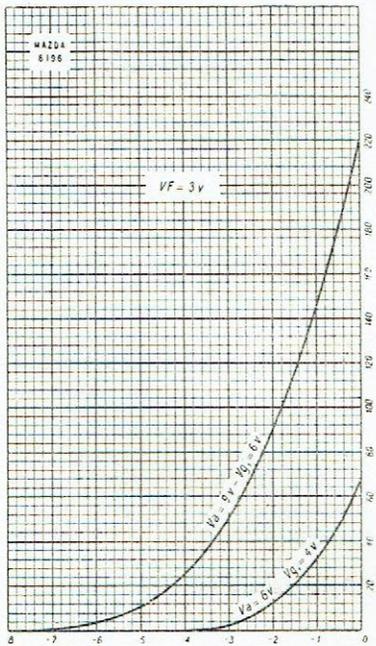
Courant d'anode en microampères



Courant d'anode en microampères

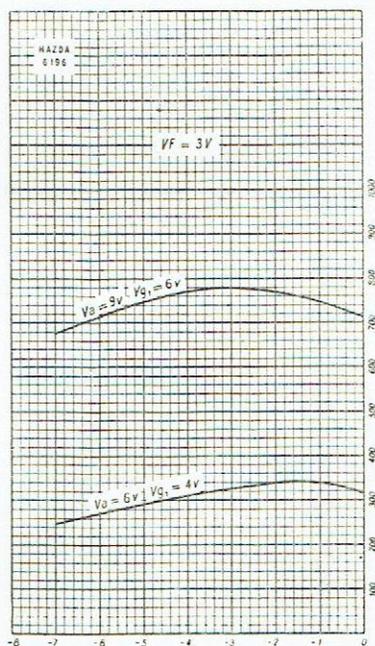
Tension d'anode en volts

COURBES DU COURANT D'ANODE EN FONCTION DE LA TENSION DE GRILLE N° 2



Courant d'anode en microampères

COURBES DU COURANT DE GRILLE N° 1 EN FONCTION DE LA TENSION DE GRILLE N° 2



Courant de grille n° 1 en microampères

Tension de grille N° 2 en Volts



# tubes électroniques MAZDA

## 6250 · ÉLECTROMÈTRE SIMPLE, SÉRIE MINIATURE · 9 BROCHES

Le tube 6250 est une tétrode miniature, pour mesures électrométriques.

Il comporte un filament à faible consommation, une grille n° 1 à charge d'espace, une grille n° 2 et une anode.

La grille n° 2 connectée au sommet du tube est très fortement isolée par rapport aux autres électrodes.

### CARACTERISTIQUES GENERALES

Filament à oxydes	
Tension filament	3 Volts
Courant filament	45 min. 50 moy. 55 max. mA
Capacité grille n° 2 (élément de mesure) par rapport à toutes les autres électrodes	5,8 pF
Encombrement	V.2-N.1
Hauteur maximum	64 mm
Diamètre maximum	22,2 mm
Base	9C12
Brochage	6.N-CA

Tension de grille n° 2	-4	Volts
Courant d'anode par élément	75	$\mu$ A
Courant de grille n° 1	525	$\mu$ A
Pente par élément	50	$\mu$ A/V
Résistance équivalente d'entrée de la grille de mesure	$>10^{15}$	$\Omega$
Courant total inverse de la grille de mesure	$2,10^{-15}$	A approx.

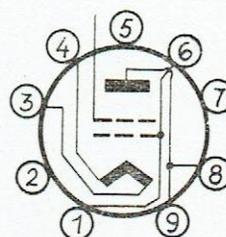
### CONDITIONS MAXIMA DE FONCTIONNEMENT

Tension d'anode	9 Volts max.
Tension de grille n° 1	6 Volts max.
Tension de grille n° 2	-2 Volts max.

### EXEMPLE TYPIQUE D'UTILISATION

Tension d'anode	9	Volts
Tension de grille n° 1	6	Volts

### DISPOSITION DES BROCHES



6. N-CA

### Broches de la base, face à l'Observateur

N° 1 - Grille N° 1	N° 6 - Grille N° 1.
N° 2 - Connexion interne	N° 7 - Non connectée.
N° 3 - + filament.	N° 8 - Anode.
N° 4 - - filament.	N° 9 - Anode.
N° 5 - Connexion interne	

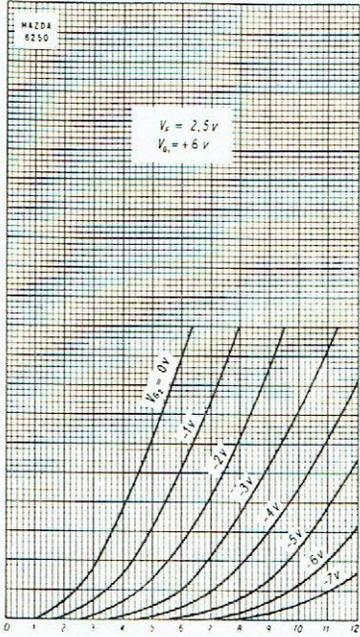
La grille n° 2 de mesure est reliée au sommet de l'ampoule



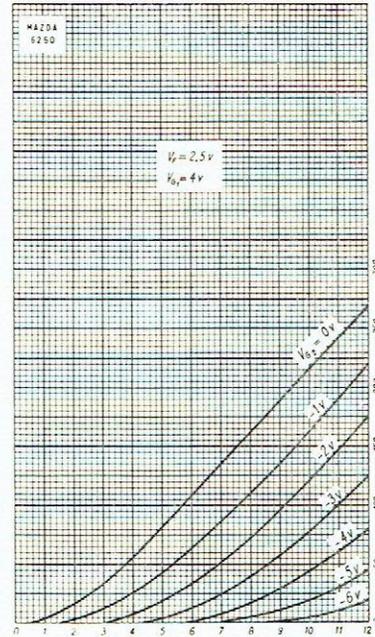
# tubes électroniques MAZDA

## MAZDA 6250

COURBES DU COURANT D'ANODE EN FONCTION DE LA TENSION D'ANODE



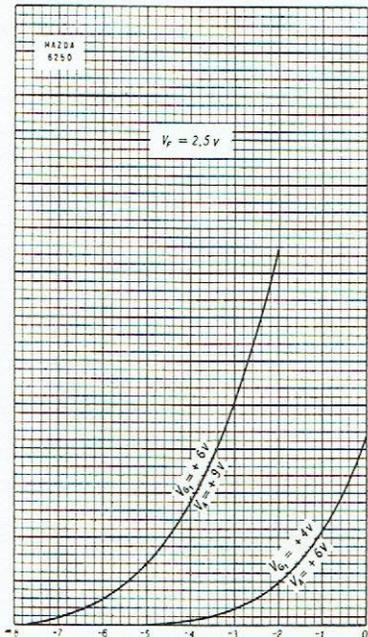
Courant d'anode en microampères



Courant d'anode en microampères

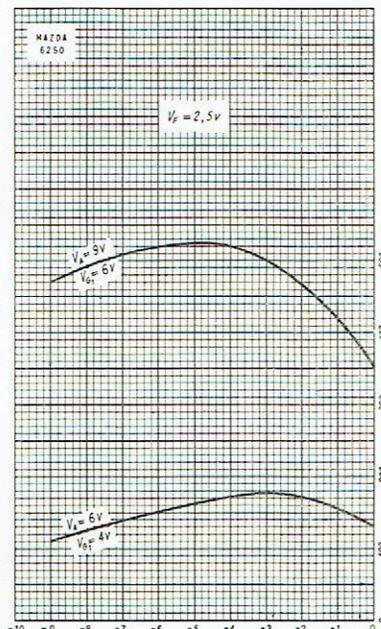
Tension d'anode en volts

COURBES DU COURANT D'ANODE EN FONCTION DE LA TENSION DE GRILLE N° 2



Courant d'anode en microampères

COURBES DU COURANT DE GRILLE N° 1 EN FONCTION DE LA TENSION DE GRILLE N° 2



Courant de grille n° 1 en microampères

Tension de grille N° 2 en Volts

# LAMPE MAZDA

## COMPAGNIE DES LAMPES

SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 1.026.000.000 DE FRF

DÉPARTEMENT TUBES ÉLECTRONIQUES

29, RUE DE LISBONNE - PARIS (VIII<sup>e</sup>)

TÉL. : LABORDE 72-60 à 68

ADR. TÉL. MAZDALAMP-PARIS - R. C. SEINE 54-B-5088

### MAGASINS ET DÉPÔTS DE LA RÉGION PARISIENNE

Magasin " SAINT-DENIS "	101, rue du Fg-St-Denis (10 <sup>e</sup> )	Tél. TAI.	53-43
Dépôt " MAZDA-RADIO "	116, cours de Vincennes (12 <sup>e</sup> )	Tél. DOR.	66-25
Dépôt " MAZDA-RADIO "	58, faubourg Poissonnière (10 <sup>e</sup> )	Tél. PRO.	82-42
Dépôt " MAZDA-RADIO "	8, rue de l'Arrivée (15 <sup>e</sup> )	Tél. LIT.	32-80
Dépôt " MAZDA-RADIO "	11, boul. St-Marcel (13 <sup>e</sup> )	Tél. GOB.	22-74
Dépôt " MAZDA-RADIO "	32, avenue Gambetta (20 <sup>e</sup> )	Tél. ROQ.	65-82
Dépôt " MAZDA-RADIO "	25, rue Duret (16 <sup>e</sup> )	Tél. KLE.	04-36
Dépôt " MAZDA-RADIO "	4, impasse St-Claude (3 <sup>e</sup> )	Tél. ARC.	96-46
Dépôt " MAZDA-RADIO "	6, cité Trévise (9 <sup>e</sup> )	Tél. PRO.	49-64
Dépôt " MAZDA-RADIO "	39-41, rue des Cloys (18 <sup>e</sup> )	Tél. CLI.	19-76
Dépôt " MAZDA-RADIO "	40, rue de Dantzig (15 <sup>e</sup> )	Tél. VAU.	93-01
Dépôt " MAZDA-RADIO "	1, rue J.-J.-Rousseau, ASNIERES	Tél. PRO.	33-34
Dépôt " MAZDA-RADIO "	22, rue Rennequin (17 <sup>e</sup> )	Tél. CAR.	55-59
Dépôt " MAZDA-RADIO "	9, rue d'Aguesseau, BOULOGNE	Tél. MOL.	46-80
Dépôt " MAZDA-RADIO "	30, rue Decorse, ST-MAURICE	Tél. ENT.	23-03
Dépôt " MAZDA-RADIO "	69, avenue de Paris, ST-MANDE	Tél. DAU.	47-79
Dépôt " MAZDA-RADIO "	rue du Gué, DEUIL-La Barre	Tél. ENG.	38-80
Dépôt " MAZDA-RADIO "	1, rue du Général-Leclerc, VERSAILLES	Tél. VER.	32-29

### AGENCES COMPAGNIE DES LAMPES - PROVINCE

ALSACE	Strasbourg (Bas-Rhin)	8, rue Finkmatt.
CENTRE	Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)	20, rue Blatin.
EST	Nancy (Meurthe-et-Moselle)	53, avenue Foch.
ILE-DE-FRANCE	Paris (11 <sup>e</sup> )	33, av. de la République.
NORD	Lille (Nord)	42, rue Basse.
NORMANDIE	Rouen (Seine-Inférieure)	48 et 50, rue du Renard.
QUEST	Nantes (Loire-Inférieure)	8, rue Harrouys.
SUD	Toulouse (Haute-Garonne)	2, rue Delacroix.
SUD-EST	Marseille (Bouches-du-Rhône)	148, rue Paradis.
SUD-OUEST	Nice (Alpes-Maritimes)	5, pas. Temple-Vaudois.
Mme BERGER	Bordeaux (Gironde)	125, cours Alsace-Lorraine.
M. LEVI	Saint-Etienne (Loire)	13, rue Blanqui.
MM. PELLET & SOLIGNAC	Marseille (Bouches-du-Rhône)	3, rue Saint-Jacques.
	Lyon (Rhône)	301, rue Duguesclin.

### SUCCURSALES ET BUREAUX DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

AMIENS (Somme)	48, rue Lavallard.	METZ (Moselle)	3, avenue Serpenoise.
AVIGNON (Vaucluse)	40, rue St-Christophe.	MONTPELLIER (Hérault)	25, faubourg de Nîmes.
BORDEAUX (Gironde)	220, cours de la Marne.	NANCY (Meurthe-et-Moselle)	78, rue Raymond-Poincaré.
CLERMONT-FERRAND (P.-de-D.)	22, rue A.-Audolent.	NANTES (Loire-Inférieure)	4, rue Linné, Boîte post. 220.
DIJON (Côte-d'Or)	4, rue Montmartre.	NICE (Alpes-Maritimes)	31, avenue Auber.
GRENOBLE (Isère)	36, rue d'Alembert.	RENNES (Ille-et-Vilaine)	57, rue Duhamel.
LIMOGES (Haute-Vienne)	17, rue de Châteauroux.	SAINT-ETIENNE (Loire)	7, rue Balzac.
LILLE (Nord)	289, rue de Solférino.	STRASBOURG (Bas-Rhin)	13, rue Déserte.
LYON (Rhône)	38, cours de la Liberté.	TOULOUSE (Haute-Garonne)	14, rue Bayard.
MARSEILLE (B.-du-Rhône)	65, avenue du Prado.	TOURS (Indre-et-Loire)	23, rue Blaise-Pascal.

### UNION FRANÇAISE

<b>ALGERIE</b>	<b>A.O.F.</b>
ALGER. — Société Alstom, 1, rue Denfert-Rochereau. Tél. 300-56 et 300-57.	Compagnie Générale d'Electricité (Iris), 2, avenue Gambetta, DAKAR. B.P. 237.
Compagnie Générale d'Electricité, 12, bd Auguste-Comte. Tél. 675-95.	Anciens Etablissements Ch. Peyrissac et Cie. Siège : 42, allées d'Orléans, Bordeaux. Tél. 44-63-11, 12 et 13.
ORAN. — Société Alstom, 17, avenue Emile-Loubet. Tél. 249-91 et 92.	Comptoirs à Bamako (Soudan); Bobo Dioulasso (Haute-Volta); Abidjan (Côte d'Ivoire); Conakry (Guinée); Kayes (Soudan); Saint-Louis, Kaolack et Thies (Sénégal); Ségou (Soudan).
<b>TUNISIE</b>	<b>A.E.F.</b>
TUNIS. — Etablissement V. Constantin et Cie, 15-17, rue Es-Sadikia. Tél. 04-73.	DOUALA. — Compagnie Générale d'Electricité, avenue Poincaré. B.P. 326.
Compagnie Générale d'Electricité, 8, impasse de Salonique. Tél. 27-16, 58-74 et 58-75.	<b>INDOCHINE</b>
Ets S. Dana, 20, rue de Colmar. Tél. 15-64 et 53-88.	SAIGON. — Société Anonyme Frexor, 59-65, boulevard Charner. Tél. 20-435.
Scialom, 6, avenue de Paris.	<b>MARTINIQUE</b>
<b>MAROC</b>	FORT-DE-FRANCE. — M. Tersen, B. P. N° 59.
CASABLANCA. — Compagnie Générale d'Electricité, 52, boulevard de la Résistance Française. Tél. 630-21.	<b>MADAGASCAR</b>
	TANANARIVE. — M. Fossart, avenue de la Libération.