

LE VOLTOHMMÈTRE ÉLECTRONIQUE HEATHKIT IM 18 D

UNE mesure n'est valable que si l'appareillage utilisé ne perturbe pas le circuit à mesurer.



LA RÉSISTANCE INTERNE

Cette remarque s'applique entre autre aux mesures de tension.

Les tensions continues se mesurent évidemment avec des voltmètres. Ils sont multiples et de types très divers. Les modèles les plus connus sont le voltmètre à cadre électromécanique que l'on trouve dans la plupart des contrôleurs universels et le voltmètre électronique qui comporte bien un voltmètre à cadre du même genre que précédemment mais dont

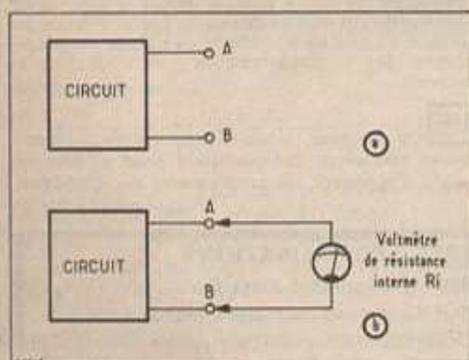


Fig. 1

les performances sont améliorées par des circuits électroniques actifs dont il a pris le nom.

Parmi les caractéristiques des voltmètres pour tensions continues, la résistance interne est particulièrement importante : c'est la résistance qui se trouve branchée aux bornes du circuit à mesurer quand on utilise le voltmètre.

Imaginons un circuit quelconque dont nous voulons mesurer la tension entre deux points A et B (figure 1 A).

Effectuer cette mesure avec un voltmètre de résistance interne de valeur R_i , c'est brancher entre A et B une résistance ayant justement cette valeur R_i (figure 1 B).

Cette résistance va perturber le fonctionnement du circuit et il importe pour que la mesure ait un sens que cette perturbation soit négligeable.

Prenons un exemple :

La triode L de la figure 2 est alimentée à partir d'une source + 100 V à travers une résistance de 500 k Ω . La tension entre la plaque et la cathode est $V_p = 50$ V.

La résistance ρ de la lampe est dans ces conditions $\rho = 500$ k Ω (nous admettons qu'elle ne varie guère).

En branchant entre la plaque et la cathode un voltmètre de résistance interne R_i , on perturbe le circuit et la nouvelle résistance entre la plaque et la cathode est donnée par la loi d'Ohm :

$$R = \frac{R_i \times \rho}{\rho + R_i}$$

A) Premier cas :

La résistance R_i du voltmètre est 100 k Ω . Nous avons alors :

$$R = \frac{R_i \times \rho}{R_i + \rho} = \frac{100 \times 500}{100 + 500} = 83 \text{ k}\Omega.$$

Avec un tel voltmètre la tension lue est :

$$V = \frac{83}{500 + 83} \times 100 = 14 \text{ V.}$$

Nous sommes loin des 50 V initiaux. La mesure n'a aucun sens car le circuit est trop perturbé.

B) Second cas :

La résistance du voltmètre est 11 M Ω soit 11 000 k Ω . Nous avons alors :

$$R = \frac{R_i \times \rho}{R_i + \rho} = \frac{11\,000 \times 500}{11\,000 + 500} = 480 \text{ k}\Omega.$$

La tension lue est :

$$V = \frac{480}{500 + 480} \times 100 = 49 \text{ V}$$

49 volts ! soit à 2 % près la valeur exacte 50 volts.

La mesure est valable car le circuit est à peine perturbé par la présence du voltmètre.

Nous voyons tout l'intérêt d'avoir un voltmètre à grande résistance interne. En règle générale, la résistance du voltmètre doit être au moins dix, ou mieux vingt fois supérieure à la résistance du circuit.

Le premier voltmètre cité avec sa résistance interne de 100 k Ω ne permet pas de mesurer sur des circuits de plus de 10 k Ω . Avec le second de résistance interne 11 M Ω par contre, on peut mesurer des tensions sur des circuits de 1 M Ω .

Les voltmètres des contrôleurs universels ont une résistance interne donnée en Ohms par volts. Par exemple, 1 000 Ω /V signifie que pour le calibre 100 V la résistance interne du voltmètre est $1\,000 \times 100 = 100\,000 \Omega$.

Cette résistance varie entre 1 000 et 20 000 Ω /V pour les contrôleurs courants.

La résistance interne des voltmètres électroniques est souvent de 11 M Ω (valeur normalisée). Certains appareils professionnels ont même une résistance presque infinie !

Ici est la supériorité de ces derniers sur les contrôleurs universels.

Seul le voltmètre électronique permet de mesurer la tension grille d'un oscillateur, ou une tension de CAG de récepteurs à tubes, ou la tension plaque d'un amplificateur à couplage

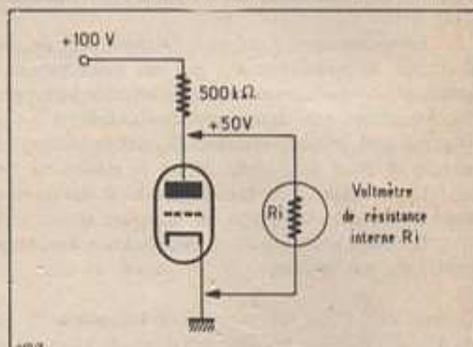


Fig. 2

résistance-capacité, ou la tension porte d'un transistor FET, etc., en résumé des tensions aux bornes de hautes impédances.

On peut bien sûr, évaluer également toutes les tensions mesurables avec un simple contrôleur!...

LE MONTAGE EN PONT

Le montage le plus connu et sans doute le plus utilisé dans les voltmètres électroniques est le montage en pont avec deux triodes identiques (fig. 3 A).

Ainsi montées, les deux triodes sont comparables à deux résistances de même valeur. Les deux autres résistances R du pont étant les mêmes, le courant traversant la branche diagonale comportant le galvanomètre G est nul.

R_1 sert à compenser les inégalités pratiques du pont.

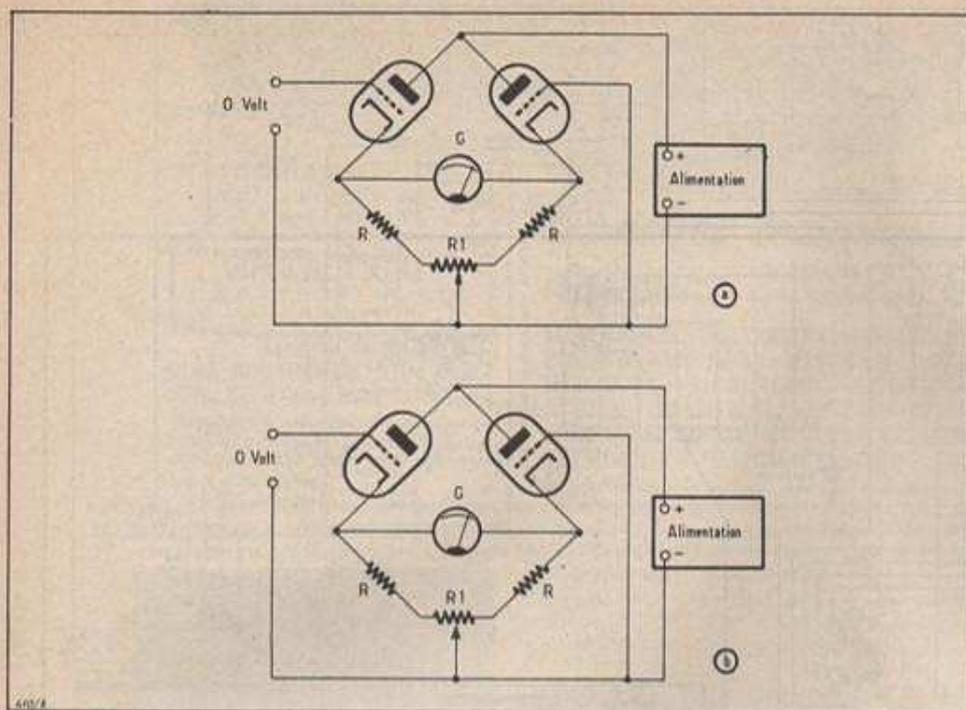


Fig. 3

Les grilles des triodes sont à un même potentiel, dans le cas précis à 0 volt par rapport au pôle moins. Si maintenant nous faisons varier le potentiel de l'une des triodes, le pont est déséquilibré et un courant traverse le galvanomètre (fig. 3 B).

C'est le principe même du voltmètre électronique. La tension à mesurer est appliquée à la grille de l'une des triodes, soit directement si elle est faible, de l'ordre du volt, soit après avoir été atténuée dans un diviseur de tension si elle est trop élevée (plus d'un volt).

Il ne reste plus qu'à graduer le galvanomètre avec des tensions de référence (pile par exemple) ou par comparaison avec un voltmètre calibré.

La résistance entre la grille de mesure et le moins est très élevée. Un tel système se prête particulièrement bien à la réalisation de voltmètres à grande résistance interne (plus de 10 M Ω).

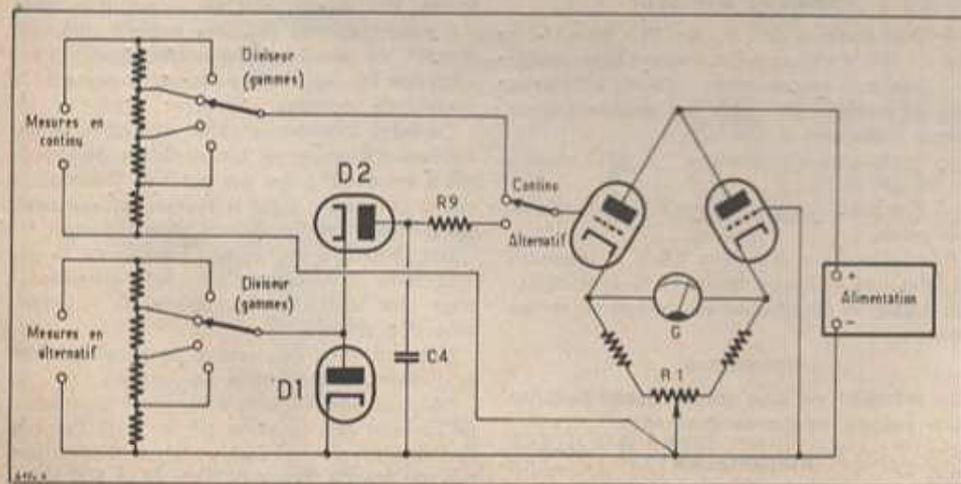


Fig. 4

Le voltmètre électronique proprement dit ne fonctionne pas en courant alternatif mais beaucoup d'appareils comportent un redresseur incorporé qui permet d'évaluer des tensions périodiques BF, voire HF.

Le principe est simple : les tensions alternatives sont transformées par détection et filtrage en tensions continues appliquées à l'une des triodes du pont. L'inverseur de la figure 4 comporte deux positions :

- position *continu* pour la mesure des tensions continues
- position *alternatif* pour les tensions périodiques.

Dans ce cas, les courants sont redressés par les diodes D1 et D2 et filtrés par la résistance R9 et le condensateur C4 avant d'être mesurés.

MESURE DES RÉSISTANCES

Les voltmètres électroniques comportent parfois un circuit pour la mesure des résistances. Dans la fonction d'ohmmètre, ils permettent d'évaluer des résistances depuis moins d'un ohm à plusieurs dizaines de mégohms alors qu'avec les contrôleurs universels, on parvient rarement à mesurer des résistances de plus de 3 à 5 mégohms.

Le contacteur de la figure 5 est sur la position *ohmmètre*.

En l'absence de résistance à mesurer R_x , la tension de la pile B se retrouve entièrement à l'entrée du circuit voltmètre et donc l'aiguille dévie à fond.

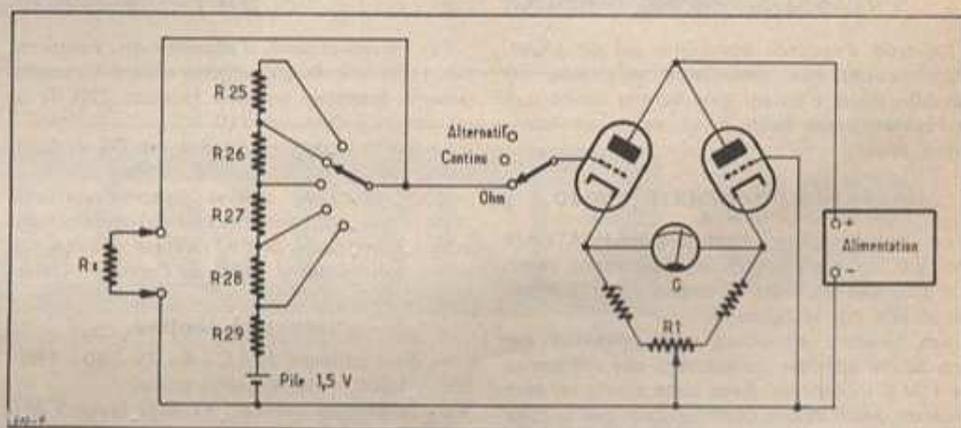


Fig. 5

Dès qu'une résistance R_x est introduite dans le circuit, elle forme avec la résistance sélectionnée (R25 ou R26 ou R27, etc.) selon la gamme, un diviseur qui abaisse la tension à l'entrée du voltmètre dont l'aiguille revenant en arrière se stabilise à une position dépendant de la résistance inconnue R_x . Le cadran est directement chiffré en ohms.

Il comporte en fait plusieurs échelles correspondant aux diverses fonctions : mesures continues, alternatives, ohmmètre, etc., et aux diverses gammes de l'appareil : 10 V, 100 V, 1 000 V, etc.).

Remarquons que l'aiguille dévie d'autant plus vers la droite que la résistance est grande. Quand rien n'est branché, il y a une résistance infinie aux bornes du circuit et l'aiguille se déplace à fond vers la droite.

Au contraire, elle ne dévie pas du tout et reste à sa position de repos à gauche quand la résistance à l'entrée est nulle (quand les cordons de mesure sont en contact).

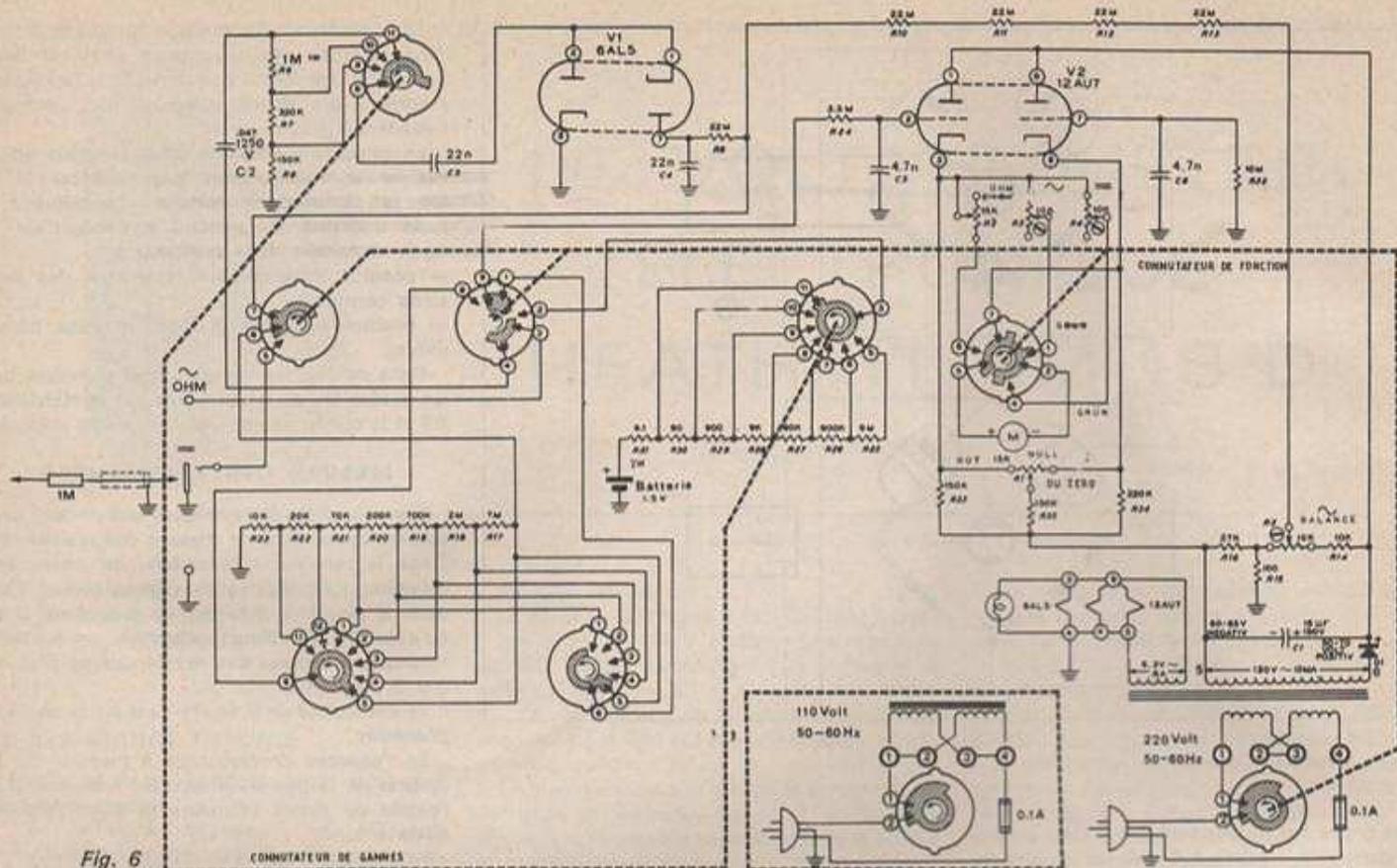


Fig. 6

Ce type d'appareil ohmmètre est dit *shunt*. Dans le cas des contrôleurs universels, où l'aiguille dévie d'autant plus vers la droite que la résistance est faible nous avons un ohmmètre *série*.

L'APPAREIL HEATHKIT IM18D

Le voltohmmètre électronique HEATHKIT IM18 D (voir photographie) fonctionne selon les principes exposés ci-dessus. Son schéma est donné par la figure 6.

Les tensions continues sont prélevées par une sonde spéciale comportant une résistance de 1 M Ω incorporée. Avec cette sonde on peut mesurer des tensions continues sur des circuits parcourus simultanément par des courants alternatifs et sans trop changer l'état du montage. La résistance de 1 M Ω offre en effet une grande impédance vis-à-vis des hautes fréquences (100 kHz à 1 MHz).

Après la sonde les tensions continues sont atténuées par le diviseur composé de R17 à R23 avant d'être appliquées à l'une des triodes du tube 12AU7. Le potentiomètre R1 permet d'équilibrer exactement le pont et donc d'obtenir le zéro du galvanomètre.

Avec R4 on calibre exactement l'appareil en position *continu*.

Les tensions alternatives sont divisées par le diviseur composé de R6 à R8 puis redressées par la double diode 6AL5 et filtrées par C4 et R9.

R5 permet de faire correspondre le zéro alternatif avec le zéro continu. L'étalonnage alternatif est obtenu en réglant R3.

L'ohmmètre utilise une pile de 1,5 V. Le débit est si faible que la pile s'use par vieillissement plutôt que par usage. En pratique, on la change tous les ans... Le principe de la mesure en position ohmmètre a été décrit plus haut. Le tarage précis est effectué en manœuvrant R2.

Le transformateur d'alimentation comporte, selon une formule qui se généralise, deux enroulements branchés en série (secteur 220 V) ou en parallèle (secteur 110 V).

La haute tension, redressée par D1 et filtrée par C1 s'élève à environ 60 volts.

Nous avons pu vérifier qu'après vieillissement (cinquante heures de service) et étalonnage avec un voltmètre précis, que les chiffres suivants, donnés par la notice de l'appareil, étaient respectés.

Voltmètre continu

- Sept gammes de 1,5 - 5 - 15 - 50 - 150 - 500 - 1 500 V de déviation totale;
- Résistance interne : 11 M Ω (avec 1 M Ω dans la sonde);
- Précision : plus ou moins 3 % de la déviation totale.

Voltmètre alternatif

- Sept gammes de 1,5 - 5 - 15 - 50 - 150 - 500 - 1 500 V efficaces (en courant sinusoïdal);
- Réponse en fréquence : 25 Hz à 1 MHz, plus ou moins 1 dB (pour des impédances de source inférieures à 600 Ω);
- Impédance du voltmètre : 1 M Ω shunté par 35 pF;
- Précision : plus ou moins 5 % de la déviation totale.

Remarque : sur le calibre 1,5 V la précision est inférieure à plus ou moins 15 % de la déviation totale et la réponse en fréquence moins étendue.

Ohmmètre

La précision est plus grande quand l'aiguille dévie jusqu'à mi-course environ.

Alimentation

- 110 V ou 220 V, 15 watts environ;
- Pile ronde de 1,5 V pour l'ohmmètre.

La présentation est classique (voir photographie). Sous le grand galvanomètre à six échelles dont la plus longue dépasse 11 cm, nous trouvons deux potentiomètres pour le tarage de l'ohmmètre et le zéro du voltmètre.

Plus bas, les deux boutons des sélecteurs permettent de choisir la fonction et la gamme nécessaires à la mesure.

Bouton de gauche : 5 positions : Arrêt - Voltmètre alternatif - Voltmètre continu (+) - Voltmètre continu (—) - Ohmmètre.

Bouton de droite : 7 positions : 1,5 V et R \times 1 - 5 V et R \times 10 - 15 V et R \times 100 - 50 V et R \times 1 000 - 150 V et R \times 10 K - 500 V et R \times 100 K - 1 500 V et R \times 1 M.

Les sondes et pointes de touche se branchent dans les différentes prises que l'on aperçoit à la partie inférieure du boîtier.

Le voltohmmètre HEATHKIT IM18 D est fourni, soit monté, soit en pièces détachées. L'assemblage ne présente aucune difficulté. Il suffit de savoir souder correctement, d'être soigneux et de suivre scrupuleusement le manuel de montage.

Ce livret comporte plus de 60 pages et des dizaines d'illustrations. L'assemblage de l'appareil y est décrit point par point et l'amateur le moins compétent peut le réaliser en exécutant dans l'ordre les indications données.

Une méthode de réglage à partir de la pile incorporée et du secteur électrique est exposée pour une utilisation immédiate du voltmètre sans trop d'erreurs.

L'emploi et le dépannage de l'appareil sont également exposés dans ce manuel.

Diverses sondes supplémentaires permettent de mesurer des tensions HF et THF, des très hautes tensions (30 000 volts) et d'avoir une très très grande résistance d'entrée (1 100 M Ω).

F. A.