

*Vous voulez mesurer une résistance de 0,47 Ω ?
Rien de plus simple !*

*Vous prenez votre contrôleur universel,
une bonne dose d'optimisme et vous obtenez péniblement
une mesure à $\pm 30\%$ dans le meilleur des cas...*

*Ou alors, vous utilisez le petit appareil
que nous vous proposons aujourd'hui.*

Mesure des faibles résistances

Principe théorique (fig. 1)

C'est en fait l'application directe de la loi d'Ohm. Nous allons faire passer dans Rx (à mesurer) un courant parfaitement connu. La différence de potentiel qui en résulte sera ensuite amplifiée afin d'obtenir une lecture aisée sur n'importe quel contrôleur sur le calibre 1,5 V continu.

Schéma de principe

Le schéma de principe est proposé figure 2.

Il nous faut tout d'abord un générateur de courant, stabilisé par diode zener, afin de

le rendre indépendant des variations de tension ou du vieillissement éventuel de la pile.

Nous aurons ensuite besoin de transformer notre pile de 9 V en alimentation double d'environ 4,5 V (peu critique) pour que l'amplificateur opérationnel puisse travailler dans de bonnes conditions.

Le pont diviseur R_1-R_2 fixe la base de T_1 à 3,6 V donc son émetteur à 4,2 V environ. Cette tension étant indépendante de la valeur du courant qui passe dans T_1 , nous avons donc l'équivalent d'une alimentation double de $\pm 4,5$ V par rapport à l'émetteur de T_1 .

D_z , polarisée par R_3 va nous servir de référence. Grâce à P_1 , nous allons régler précisément le potentiel de base de T_2 afin que ce dernier débite constamment 10 mA.

Ce courant, multiplié par la résistance à mesurer, par exemple 1 Ω , va donner une différence de potentiel de 10 mV seulement ! Il va donc nous falloir amplifier cette tension. Nous avons alors choisi un gain de 100 sur l'amplificateur ($\mu A 74$) ce qui nous permet d'obtenir une correspondance directe sur un voltmètre continu gamme 1,5 V.

Effectivement :

$$1 \Omega \times 10 \text{ mA} \times 100 = 1 \text{ V}$$

De plus cette correspondance est parfaitement linéaire 0,47 Ω — 0,47 V, 1,5 Ω — 1,5 V par exemple. Le gain de 100 sur l'amplificateur opérationnel est obtenu par R_6 et R_7 . De cette façon nous pouvons mesurer aisément les résistances de 0,1 à 1,5 Ω .

Mais si nous voulons maintenant une résistance de 15 Ω , nous aurons $V = 15 \Omega \times 10 \text{ mA} \times 100 = 15 \text{ V}$! Ce d

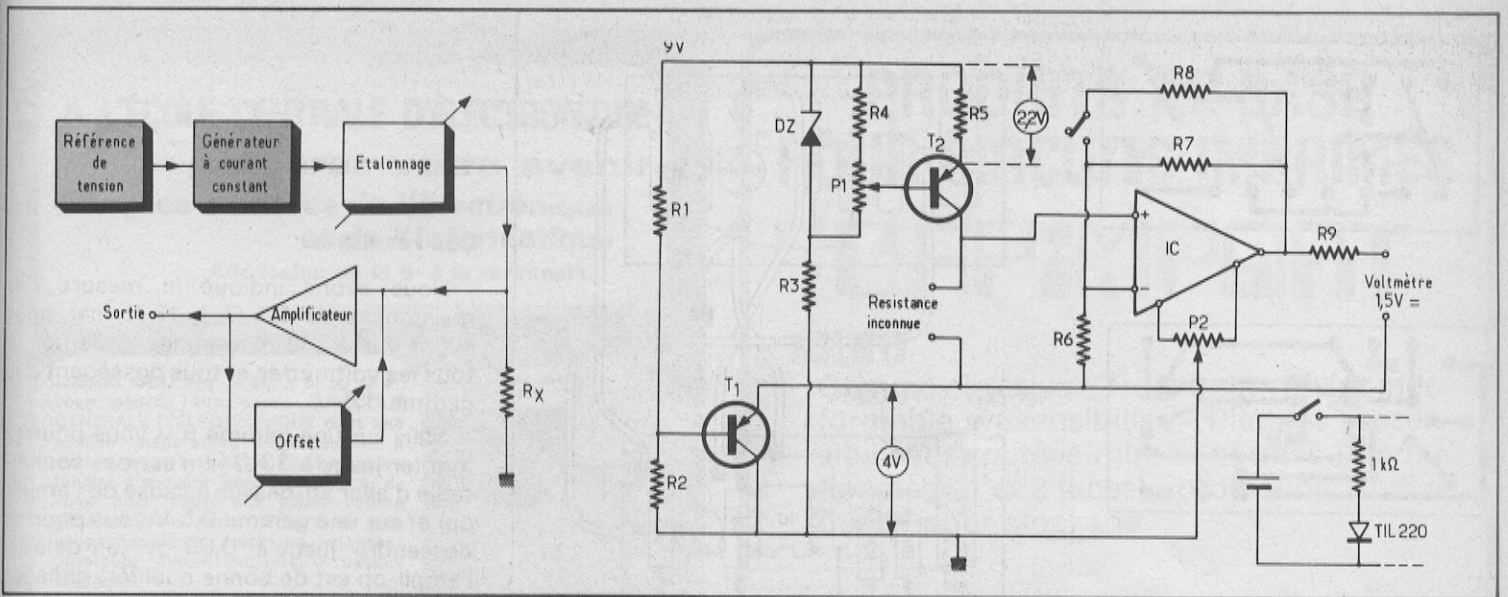


Fig. 1. et 2. – L'ensemble du dispositif se construit autour du célèbre 741. La résistance à mesurer s'insère entre l'entrée non inverseuse de l'ampli et la masse.

est largement en dehors des possibilités d'une simple pile de 9 V. Mais qu'à cela ne tienne, il nous suffit alors de réduire le gain de l'amplificateur opérationnel de 100 à 10 grâce à R_8 que nous venons mettre en parallèle sur R_7 .

Nous aurons cette fois-ci la correspondance $10 \Omega - 1 V$. C'est l'équivalent d'un calibre $\times 10$ puisqu'il nous suffit de multiplier par 10 le résultat sur le voltmètre pour connaître la valeur de la résistance. Un interrupteur mettant ou non R_8 en action offrira donc la possibilité de mesurer les résistances de $0,1$ à $1,5 \Omega$ d'une part et de 1 à 15Ω d'autre part. L'emploi d'un amplificateur opérationnel est ici parfaitement justifié car, si nous devons créer directement $1 V$ à travers 1Ω , il nous faudrait un courant de $1 A$! Ce qui

est encore largement au-dessus des possibilités d'une simple pile de 9 V... A noter encore l'importance de P_2 qui permet, l'entrée étant court-circuitée (\approx résistance nulle) d'obtenir effectivement $0 V$ sur le voltmètre.

Réglage :

Voyons maintenant quelle est la procédure de réglage nécessaire pour obtenir des résultats précis.

La première chose à faire est de court-circuiter l'entrée. (Mais attention, il s'agit de la court-circuiter avec les cordons qui serviront à la mesure de la résistance ; nous verrons tout à l'heure pourquoi). Vous vous placez sur le calibre $\times 1$ (R_8 hors-circuit), et vous réglez P_2 de

façon à lire $0 V$ sur le voltmètre. C'est le réglage de l'offset.

Vous prenez maintenant une résistance connue si possible de valeur comprise entre 1 et $1,5 \Omega$ afin d'augmenter la précision du réglage et vous ajustez P_1 de façon à lire en volts la valeur de votre résistance. Et voilà : l'appareil est réglé et prêt à fonctionner.

Nous avons déjà précisé qu'il était nécessaire de court-circuiter les cordons également. Ce point est important dans le cas de mesure de résistances faibles ($\approx 0,1 \Omega$), car la résistance d'un mauvais cordon peut atteindre $0,01 \Omega$ (au-dessus, ce n'est plus un cordon...). Vous risquez alors de fausser systématiquement de 10% tous vos résultats.

Photo 2. – Carte 2, elle supporte le 741 et le multitours de réglage d'offset.

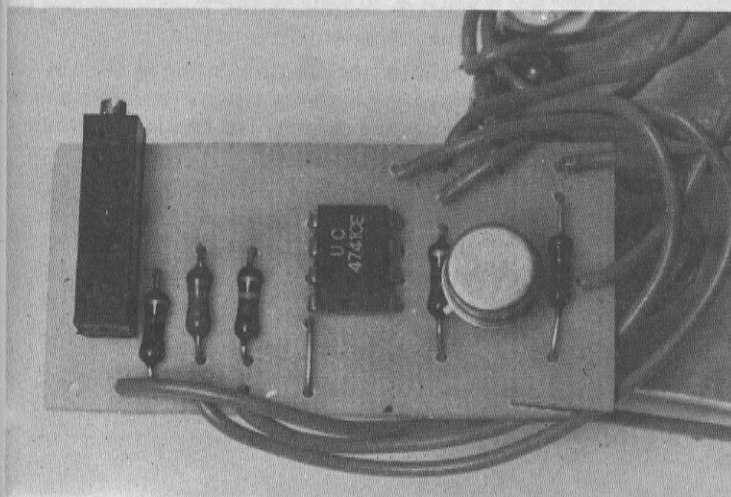
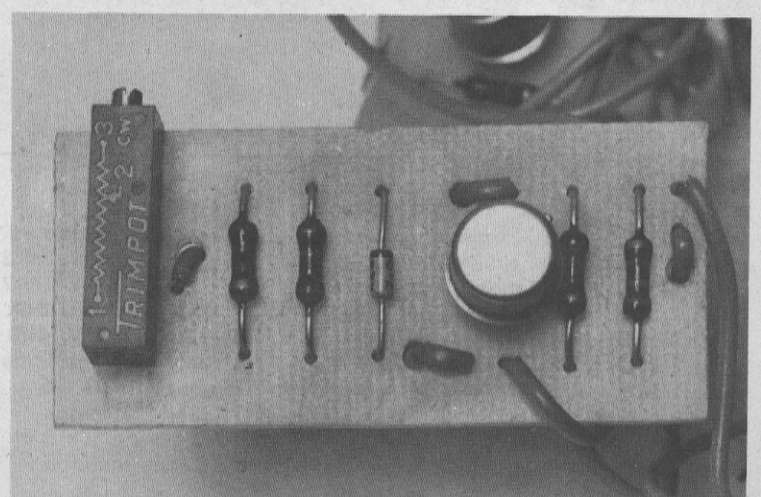


Photo 3. – Carte 1 : la référence de tension avec son multitours d'étalonnage.



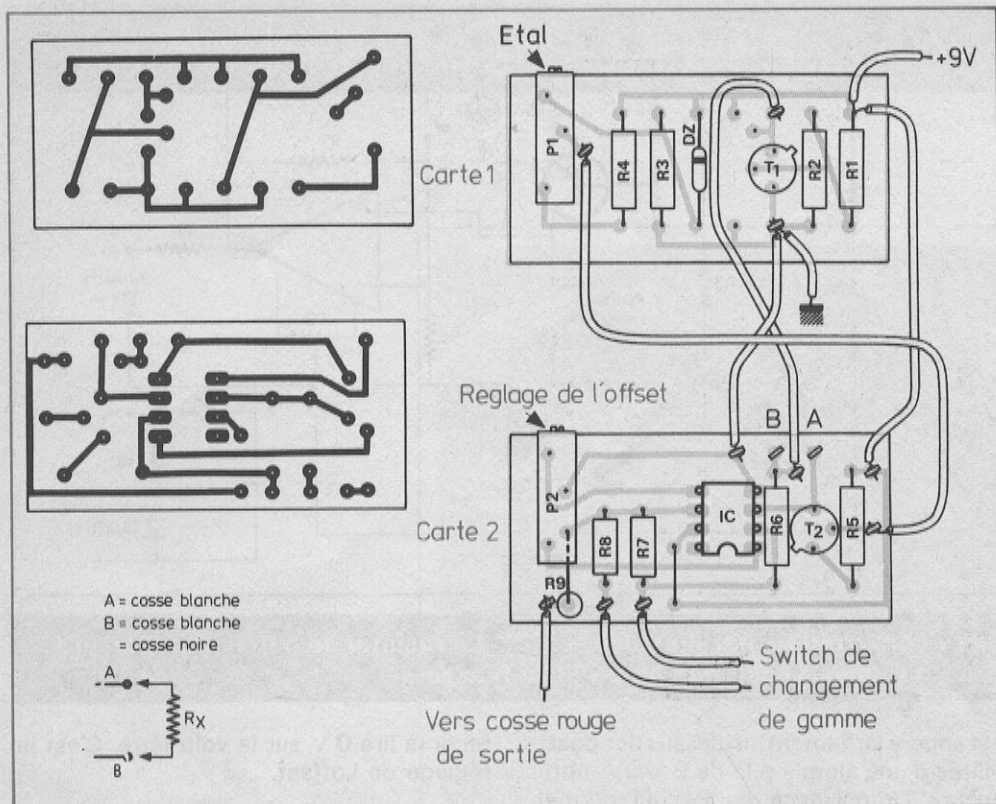
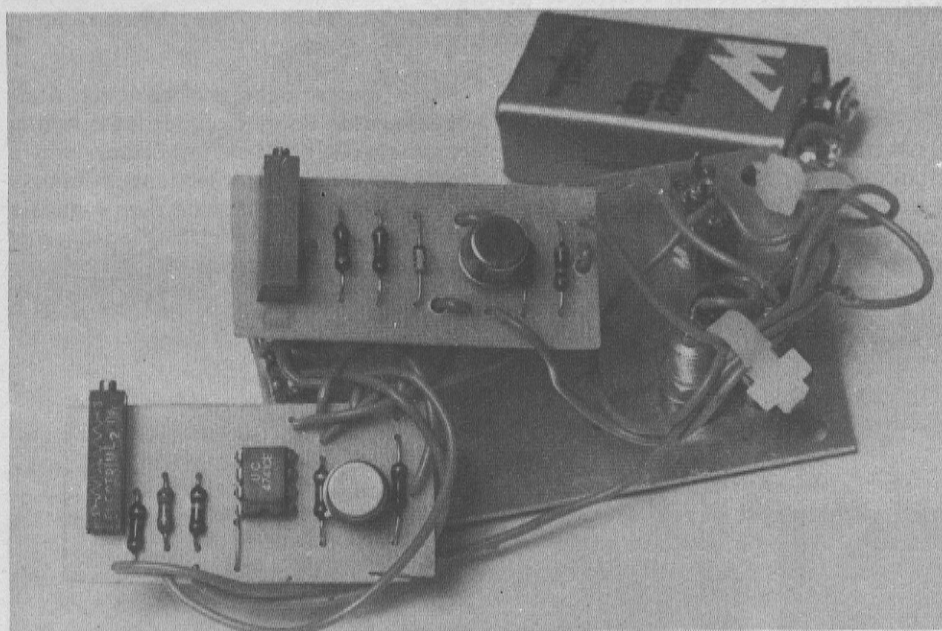


Fig. 3. à 5. - De façon à loger l'ensemble dans un coffret Teko P/1, le circuit se divise en deux cartes dont les tracés et implantations sont précisés à l'échelle 1.



Nomenclature

R₁ : 3,3 k Ω (orange, orange, rouge).
 R₂ : 2,2 k Ω (rouge, rouge, rouge).
 R₃ : 220 Ω (rouge, rouge, marron).
 R₄ : 2,2 k Ω (rouge, rouge, rouge).
 R₅ : 220 Ω (rouge, rouge, marron).
 R₆ : 2,2 k Ω (rouge, rouge, rouge).
 R₇ : 220 k Ω (rouge, rouge, jaune).
 R₈ : 22 k Ω (rouge, rouge, orange).
 R₉ : 100 Ω (marron, noir, marron).
 P₁ : 5 k Ω multitours.

P₂ : 10 k Ω multitours.
 T₁ : 2N 2905 A, 2N 2904 A.
 T₂ : 2N 2905 A, 2N 2904 A.
 IC : μ A 741 mini DIP.
 DZ : Zener 6,2 V, 400 mW.
 4 cosse banane femelles
 2 interrupteurs
 1 LED
 1 résistance 1 k Ω , en série avec LED
 1 boîtier plastique P/1 Teko.

Des résultats :

Nous avons indiqué la mesure de résistances de 0,1 Ω à 15 Ω , car nous avons voulu que ce montage s'adapte à tous les voltmètres et tous possèdent une gamme 1,5 V.

Mais sur une gamme 5 V vous pouvez monter jusqu'à 33 Ω (il n'est pas souhaitable d'aller au-dessus à cause de l'ampli-op) et sur une gamme 0,5 V vous pouvez descendre jusqu'à 0,05 Ω (au-delà l'ampli-op est de bonne qualité) ; dans faibles valeurs, le fait de bien régler l'offset avec les cordons de mesure devient essentiel.

La réalisation

L'ensemble tient dans le plus petit boîtier de la série Teko, le P/1.

Nous avons ajouté un interrupteur marche-arrêt plus une LED et une résistance de 1 k Ω comme témoin de mise en marche.

Les potentiomètres P₁ et P₂ sont multitours et leurs implantations sur les cartes électroniques vont permettre un réglage aisé et précis, même une fois le boîtier fermé.

Les 2 cartes électroniques s'insèrent verticalement dans la partie droite du boîtier.

Le boîtier comportera 4 cosse. Deux blanches pour les entrées de mesure ; une rouge et une noire (polarité à respecter) pour la sortie vers le voltmètre. La consommation totale est de l'ordre de 25 mA ce qui justifie l'emploi d'un interrupteur marche-arrêt avec témoin lumineux pour l'économie de la pile.

L'interrupteur de gamme (X 1 ou X 10) devra avoir ses positions repérées clairement afin d'éviter les risques d'erreur.

Pour la fabrication des circuits imprimés, nous avons opté pour l'époxy car ses dimensions qui permettent leur insertion dans les rainures du P/1. Les tracés et implantations sont représentés en figures 3 et 4.

GUTRON-PEI