

Amplificateur inverseur pour la visualisation à l'oscilloscope des caractéristiques des dipôles

Au programme de Seconde figure, comme chacun le sait, le tracé des caractéristiques de divers dipôles. Le tracé point par point effectué par les élèves pourra être suivi, pour vérifier la validité des courbes obtenues par eux, de la visualisation à l'oscilloscope de ces courbes. Cependant, avec le montage classique, les courbes obtenues sur l'écran ne sont pas dans les mêmes quadrants du repère que ceux dans lesquels nous les aurons fait tracer aux élèves. Nous allons en expliquer la raison et décrire un appareil qui permettra de remédier à cet inconvénient.

Raisonnons sur un exemple : Caractéristique courant-tension d'une diode à semi-conducteur.

1) TRACE POINT PAR POINT.

Le montage réalisé est celui de la fig. 1 pour la polarisation en sens direct et celui de la fig. 2 pour la polarisation en sens

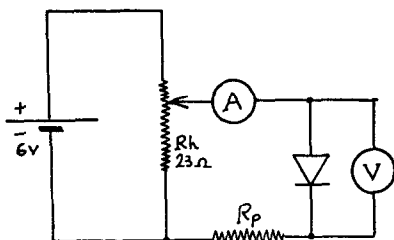


Fig. 1

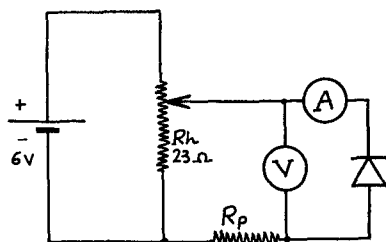


Fig. 2

inverse. R_p est une résistance de protection dont la valeur dépendra de l'intensité maximale admise par la diode et de la tension du générateur. Pour chaque valeur de la tension aux bornes de la diode, l'élève mesure l'intensité du courant qui la traverse. Il construit ensuite la courbe de la fig. 3, pour laquelle le premier quadrant correspond à $i(u)$ diode passante, et le troisième à $i(u)$ diode bloquée.

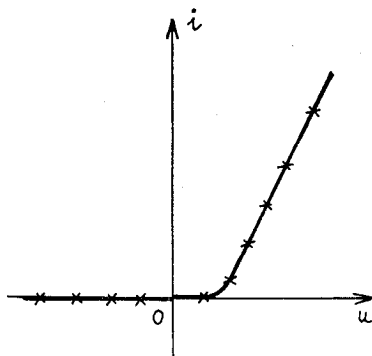


Fig. 3

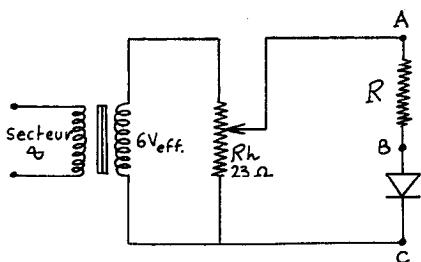


Fig. 4

2) TRACE AUTOMATIQUE.

La diode est alimentée par une tension alternative, comme le montre la fig. 4. T, transformateur abaisseur, doit obligatoirement comporter deux enroulements de sorte que le circuit d'alimentation de la diode soit isolé du secteur. Un autotransformateur est donc exclu ou doit être suivi d'un transformateur d'isolement (voir l'article de J.-P. VALENTIN, B.U.P. n° 609). La résistance R, de l'ordre de $100\ \Omega$ pourra être modifiée en fonction du dipôle étudié.

La tension entre A et C étant alternative, la diode sera alternativement polarisée en sens direct et en sens inverse. Aux

bornes de la résistance R , se développera une tension Ri proportionnelle au courant qui traverse la diode.

Si l'on envoie la tension prélevée aux bornes de la diode à l'entrée X de l'oscillographe et la tension prélevée aux bornes de la résistance R à l'entrée Y, le spot décrira sur l'écran la courbe $i = f(u)$. Mais comme les deux entrées de l'oscillographe ont un point commun qui est la masse M, il faudra que ce soit le point B du circuit qui soit relié à la masse de l'oscillographe. Ainsi les tensions U_{YM} et U_{XM} appliquées à ses entrées seront de polarités contraires.

Au cours de l'alternance pour laquelle la diode est passante (courant i_d) (fig. 5), la tension U_{YM} est positive : le spot dévie vers le haut (proportionnellement à U_{AB} , donc à i_d puisque $U_{AB} = R \cdot i_d$) et la tension U_{XM} est négative : le spot dévie vers la gauche (proportionnellement à U_{BC}). La première partie de la courbe s'inscrit dans le deuxième quadrant.

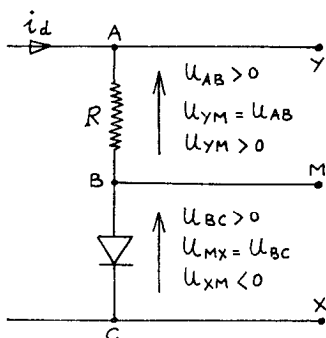


Fig. 5

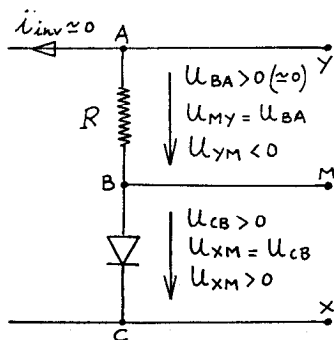


Fig. 6

Au cours de l'alternance pour laquelle la diode est bloquée (fig. 6), U_{MY} est de très faible valeur (car $i_{inv} \approx 0$) mais positive, donc U_{YM} est faiblement négative : le spot dévie très légèrement vers le bas, tandis que U_{XM} , positive, le fait dévier vers la droite. La deuxième partie de la courbe s'inscrit dans le quatrième quadrant.

La courbe complète observable sur l'écran est représentée à la fig. 7. Nous constatons immédiatement que cette courbe est symétrique par rapport à l'axe vertical (des intensités) de la courbe tracée par les élèves.

Si la diode avait été branchée dans le sens inverse du précédent (fig. 8), la courbe obtenue aurait été celle de la fig. 9,

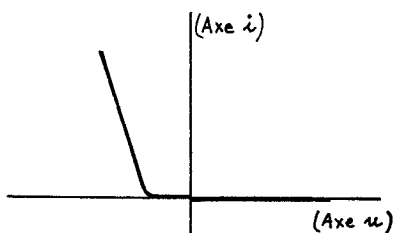


Fig. 7

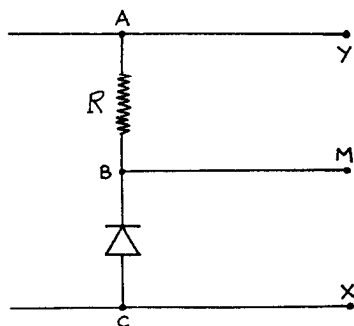


Fig. 8

symétrique cette fois-ci par rapport à l'axe horizontal (des tensions) de la courbe tracée par les élèves.

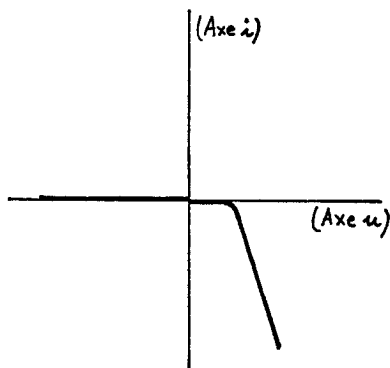


Fig. 9

Observer une courbe sur l'écran et en faire mentalement la symétrie par rapport à un axe ou à l'autre n'est pas très agréable et peut conduire à des erreurs d'interprétation. Par exemple, dans le cas d'une diode Zener, il y a risque de confusion entre le coude de la caractéristique de la diode polarisée en sens direct et le coude Zener, surtout si V_z est faible.

Il sera bien préférable et très facile de « retourner » électroniquement la courbe à l'aide d'un amplificateur de gain négatif (amplificateur inverseur) utilisant un Amplificateur-Opérationnel en circuit intégré et quelques composants, que nous allons décrire au paragraphe 3). Il suffira alors de modifier le montage de la fig. 5 comme l'indique la fig. 10.

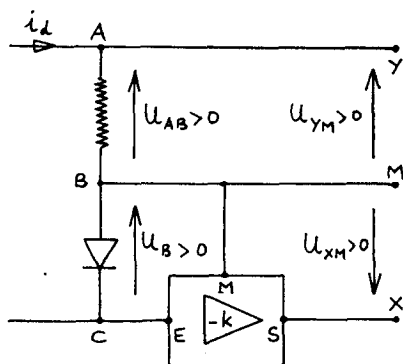


Fig. 10

De cette façon, l'entrée X de l'oscillographe ne recevra pas directement la tension U_{BC} positive mais une tension de signe contraire $U_{MX} = -kU_{BC}$ négative qui donnera la tension U_{XM} positive. Le spot déviara vers la droite en même temps que vers le haut, et vers la gauche en même temps que vers le bas. La courbe observée sur l'écran sera enfin celle de la fig. 3.

3) L'AMPLIFICATEUR INVERSEUR.

Il est réalisé à l'aide d'un Amplificateur-Opérationnel (A-Op) en circuit intégré, le classique 741, monté en amplificateur inverseur. Le schéma de principe complet est donné à la fig. 11. On pourra, à ce sujet, se reporter aux articles de Ch. ANDRÉ et R. CASTAGNE, B.U.P. n° 556. L'alimentation symétrique est simplifiée (diviseur R_1-C_2 , R_2-C_3) compte tenu de la faible consommation du montage.

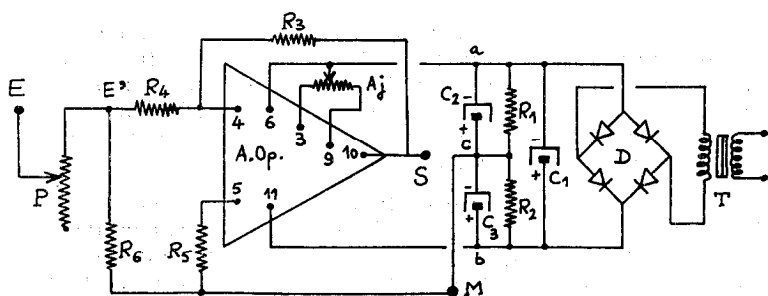


Fig. 11

Liste des composants :

A-Op : 741 - SFC 2741 Sescosem, μ A 741 Fairchild, LM 741 National-Semiconductor, MC 1741 Motorola, CA 741 R.C.A., L 141 S.G.S., TBA 221 Siemens, N 5741 Signetics, SN 72741 Texas.

Les brochages des deux versions dans lesquelles on trouve ce circuit sont fournis à la fig. 12. DIL 14 a 14 pattes et DIL 8 à 8 pattes.

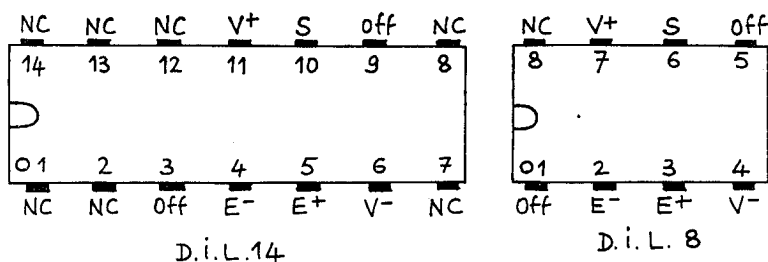


Fig. 12. — Circuits intégrés 741 vus de dessus.

T : petit transformateur délivrant au secondaire une tension de l'ordre d'une vingtaine de V_{eff} . Ici encore, un autotransformateur dont le secondaire ne serait pas isolé du secteur est exclu.

D : 4 diodes de redressement quelconques pouvant débiter au moins 50 mA.

C₁ : condensateur chimique 100 μ F (ou plus) 40 V .

C₂ = C₃ : condensateur chimique 4,7 μ F (ou plus) 25 V.

R₁ = R₂ : résistance 1 $k\Omega$ 1/2 W. 5% .

R₃ : résistance 100 $k\Omega$ 1/2 W. 5%

R₄ = R₅ = R₆ : résistance 33 $k\Omega$ 1/2 W. 5% .

A_j : potentiomètre ajustable 10 $k\Omega$.

P : potentiomètre 1 $M\Omega$.

Si l'on se contente d'une alimentation sur piles (2 piles de 9 V), on pourra supprimer T, D, C₁, R₁ et R₂ et brancher les piles aux points a, b, c (fig. 11) comme le montre la fig. 13.

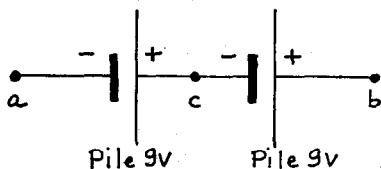


Fig. 13

Le montage de tous les composants, sauf le transformateur, se fera sur un circuit imprimé dont le dessin est reproduit (échelle : 2/3 environ), vu du côté cuivre à la fig. 14.

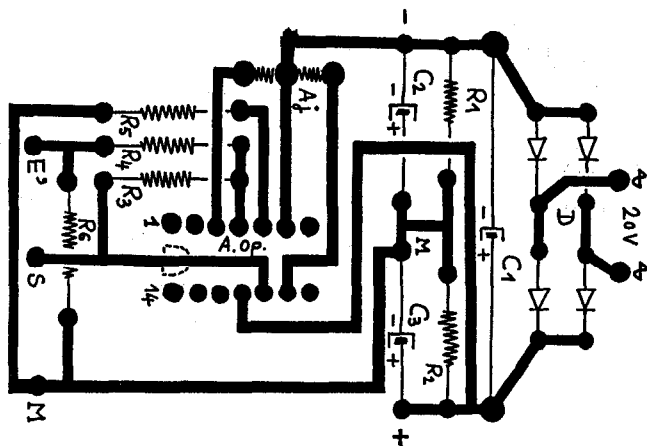


Fig. 14. — Vue côté cuivre :
les composants sont supposés vus en transparence.

Notons que ce circuit imprimé peut recevoir indifféremment les deux versions DIL 14 et DIL 8 (voir fig. 12) du 741. Dans le cas de l'utilisation d'un circuit DIL 8, il suffira de faire coïncider la patte n° 1 du DIL 8 avec le trou correspondant à la patte n° 3 du DIL 14.

L'ensemble pourra être placé à l'intérieur d'un petit coffret dont le couvercle portera les douilles bananes E, S, M ainsi que le potentiomètre P de réglage de gain. Le curseur de P sera relié à la douille E et la cosse gauche (vue côté axe, cosses vers le haut) sera relié au trou E' du circuit imprimé. Ainsi, le gain de l'amplificateur inverseur augmentera en tournant le bou-

ton de P dans le sens horaire. La seule mise au point consistera à régler l'ajustable Aj d'offset en procédant comme suit : relier E et M ensemble, amplificateur au gain maximal (P tourné à fond sens horaire), brancher un voltmètre entre S et M (calibre 3 V ou 1 V), alimenter l'amplificateur et régler Aj pour que la tension de sortie lue sur le voltmètre soit nulle.

4) UTILISATION.

Elle consiste à intercaler l'amplificateur inverseur dans le circuit d'étude du dipôle comme l'a montré la fig. 10. Par un réglage combiné de P et du gain de l'oscillographe, on cherchera à obtenir une courbe correcte sur l'écran. Si la courbe présente des déformations, c'est que la tension à l'entrée de l'amplificateur inverseur est trop élevée (saturation), il suffira alors de tourner P dans le sens antihoraire jusqu'à ce que ces déformations aient disparu.

5) CARACTERISTIQUES.

Gain réglable de 3,2 à 0,045.

Tension de sortie maximale sans saturation :

$$6,3 V_{eff.} = 18 V_{c.à.c.}$$

Tensions d'entrée admissibles : $2 V_{eff.}$ (5,7 Vc. à c.) à $140 V_{eff.}$ (395 Vc. à c.).

Gain constant de 0 à environ 15 kHz (régime sinusoïdal).

Temps de montée (en signaux carrés) : environ 15 μ S.

Gérard CAULLOT,

(Lycée Léon-Bourgeois - Epernay).

Note complémentaire : A l'aide d'un transformateur à point milieu, on peut simplifier l'alimentation du montage étudié (fig. 11). On supprime ainsi R_1 , R_2 et C avec un transformateur délivrant 2 fois 12 V.

