

Point de fonctionnement à l'oscillographe

CLASSE DE SECONDE

par R. MOREAU,
I.P.R., Bordeaux.

Il me semble que le montage qui va être décrit peut trouver sa place au moment où le professeur tire, pour la classe, les conclusions du T.P.-cours relatif à l'association de deux dipôles dont l'un au moins est actif.

Après que les élèves aient relevé, point par point, les caractéristiques de quelques couples de dipôles, il est ainsi possible de montrer, instantanément, quelle doit être l'allure des graphes obtenus, et comment évolue le point de fonctionnement lorsque telle ou telle caractéristique est modifiée.

Chacun sait relever, à l'oscillographe, la caractéristique d'un dipôle. En fait, avec le même montage, il est possible d'obtenir les caractéristiques de *deux* dipôles qu'on associe pour former un circuit. Il suffit ensuite de disposer d'un commutateur pour visualiser ces deux caractéristiques et montrer, à leur intersection, le point de fonctionnement du montage.

Nous indiquerons le principe de fonctionnement du très modeste commutateur que nous proposons de réaliser. Il est très simple, mais, pour l'usage précis auquel il est destiné, il convient très bien.

Soient deux dipôles, D_1 et D_2 , que l'on associe pour former un circuit.

Supposons que, comme c'est le plus souvent le cas en classe de Seconde, il n'y ait aucune ambiguïté sur le sens réel du courant (sens conventionnel), de sorte que, dans un premier temps, nous limiterons notre étude à des intensités positives (le montage, justement, permet de mettre facilement en évidence l'intérêt réel qu'il peut y avoir, parfois, à considérer des intensités algébriques.)

Le générateur G fournissant une tension variable (en général alternative), la fig. 1 montre comment l'intensité i circulant dans le circuit peut à la fois être positive (présence de la diode D), et variable.

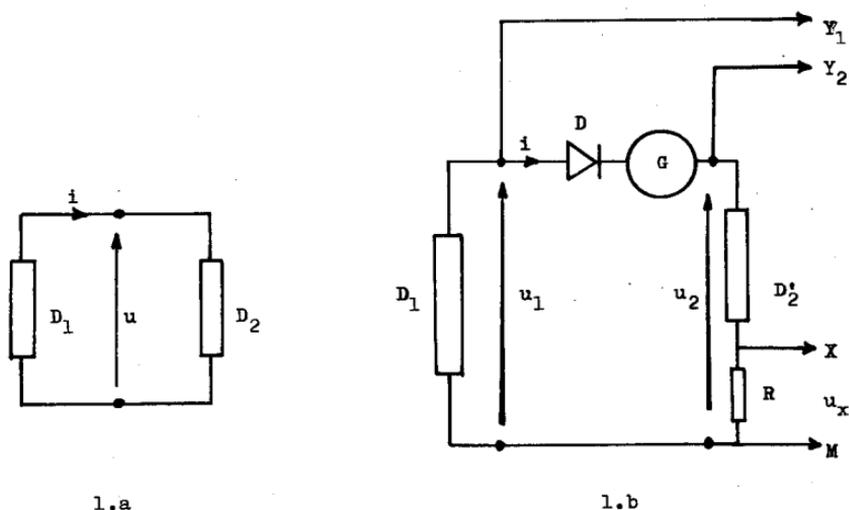


Fig. 1

Le dipôle D_2 est constitué d'un dipôle D'_2 et d'une résistance R , de valeur assez faible (50Ω) pour qu'elle soit souvent négligeable. La tension u_x aux bornes de cette résistance R , appliquée sur la voie X de l'oscillographe, permet, selon que l'on envoie sur la voie Y la tension u_1 ou la tension u_2 , de visualiser la courbe $u_1 = f_1(i)$, ou la courbe $u_2 = f_2(i)$.

REMARQUE.

Cette façon de procéder ne fait pas jouer un rôle symétrique, *a priori*, aux deux dipôles D_1 et D_2 . Bien que les conventions choisies pour décrire le fonctionnement du montage schématisé sur la fig. 1 a soient toujours utilisables, elles sont particulièrement judicieuses si D_1 fonctionne en générateur (à chaque instant ou en valeur moyenne), et donc D_2 en récepteur. Le point de fonctionnement est alors dans le premier quadrant des axes (u, i) , et c'est certainement là que la plupart d'entre nous raisonnent le mieux.

EXEMPLES.

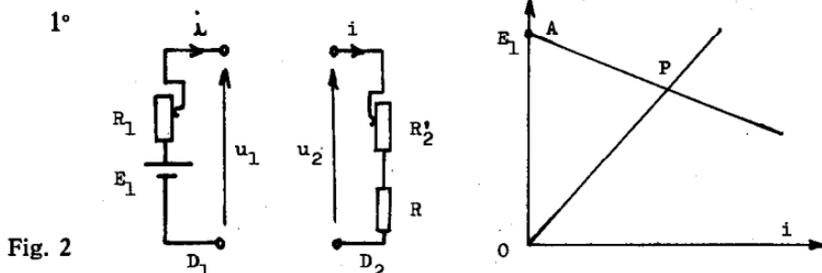


Fig. 2

R_1 et R'_2 sont des résistances variables de 0 à 470 Ω ou de 0 à 1 k Ω ; en les actionnant, on fait pivoter les deux droites de pentes respectives R_1 et $R_2 = R'_2 + R$, autour des points A et O, qui, sur l'écran de l'oscillographe, sont très brillants. E_1 , par exemple, est la f.é.m. d'une pile de 4,5 V.

Le même montage, en remplaçant R'_2 , successivement, par une diode dans le sens passant, une diode Zener, une varistance, permet de retracer les caractéristiques habituelles.

On peut encore remplacer R'_2 par une thermistance à C.T.N., et, si sa résistance à 20°C est bien choisie (de l'ordre de 1 k Ω , valeur maximale de R_1), on fait décrire, sous les yeux des enfants, en approchant un fer à souder de l'une de ses connexions, un grand segment de droite au point de fonctionnement P.

Même effet spectaculaire si R'_2 est remplacée par une photo-résistance dont on fait varier l'éclairement.

2°

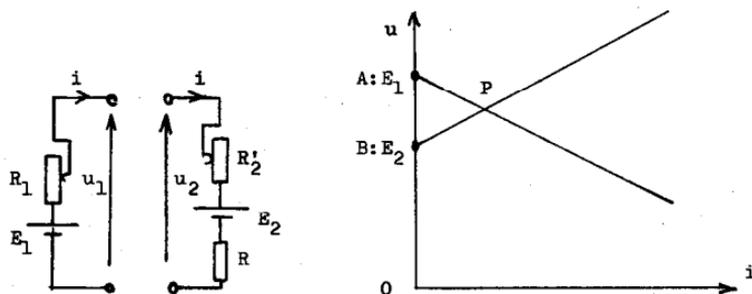


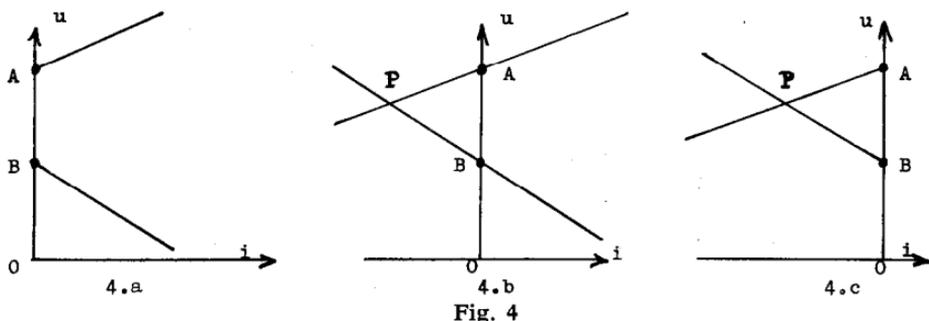
Fig. 3

Là encore, en actionnant les potentiomètres, on fait, à loisir, varier la position du point P. La figure est tracée dans le cas où l'on aurait sensiblement $E_1 = 4$ V, $E_2 = 3$ V (soit deux éléments d'une pile ordinaire), et R_1 du même ordre que la somme $R + R'_2$.

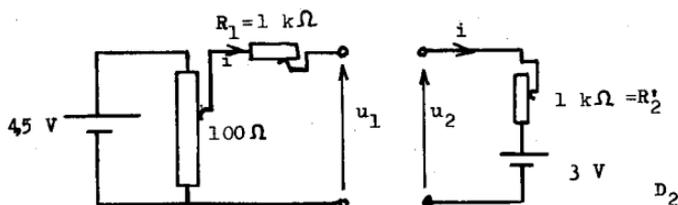
Que se passerait-il, avec notre montage, si on constituait E_1 en prenant seulement un élément de pile ordinaire, en laissant E_2 inchangée ?

Sur l'écran de l'oscillographe, on obtient alors le graphe de la fig. 4a : il n'y a pas de fonctionnement de l'ensemble des deux dipôles pour $i > 0$. Si on met la diode D en court-circuit, on obtient le graphe de la fig. 4b, ce qui peut illustrer l'intérêt que peut représenter le choix d'une intensité algébrique. Si l'on change le sens de la diode D, on obtient le graphe de la fig. 4c.

On peut en déduire que le choix que nous avons fait pour compter positivement les intensités n'est pas le meilleur pour décrire la situation $E_1 < E_2$.

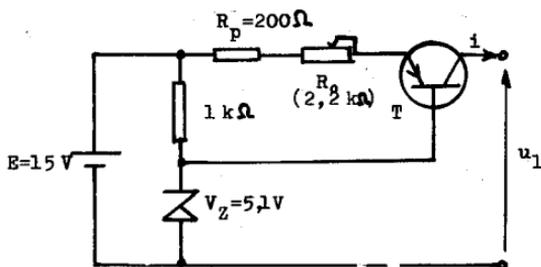


3° On peut désirer modifier continûment la valeur de E_1 , c'est-à-dire faire varier l'ordonnée à l'origine de la droite caractéristique de D_1 , sans changer sa pente. Il suffit pour cela d'utiliser un montage potentiométrique, le potentiomètre ayant une résistance nettement inférieure à R_1 ou R_2 .



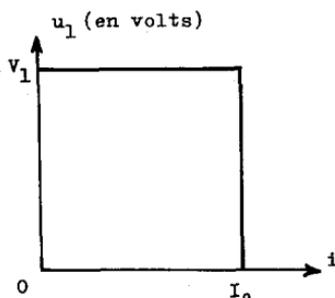
4° Il serait dommage de ne pas profiter de ce montage pour montrer ce qu'il advient du point de fonctionnement lorsque le dipôle actif D_1 , au lieu d'être du type générateur de tension, est du type générateur de courant.

Le montage ci-après permet, avec le dispositif schématisé



La tension $E = 15 \text{ V}$ n'est pas critique.
 T est un transistor PNP (ex. 2N 2904).
 R_0 est une résistance variable ($2,2 \text{ k}\Omega$).

sur la fig. 1 b, d'obtenir une magnifique caractéristique telle que celle qui est représentée sur la fig. 7.



$$I_0 = \frac{E - (V + 0,7)}{R_p + R_0}$$

$$V_1 = V_z + 0,6 \text{ V.}$$

Fig. 7

LE COMMUTEUR.

Cet appareil (fig. 8), recevant comme entrées les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ qui, sur la fig. 1 b constituaient les « voies » Y_1 et Y_2 , possède une sortie unique, alternativement proportionnelle à u_1 ou à u_2 .

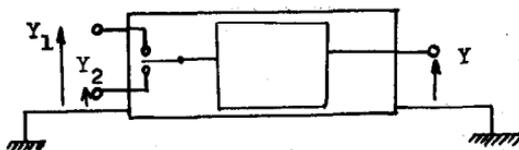


Fig. 8

Si la fréquence de commutation était un multiple exact de la fréquence de balayage du générateur G (fig. 1 b), le tracé des deux caractéristiques $u_1 = f_1(i)$ et $u_2 = f_2(i)$ serait obtenu en pointillés « alternatifs ». Ce n'est pas souhaitable. Pour pouvoir régler au mieux la visibilité des deux courbes, il vaut mieux, au lieu d'utiliser pour v_G une tension de 50 Hz issue du secteur, employer un générateur autonome de fréquence proche de 1 kHz, et d'amplitude maximale de l'ordre de 10 V.

PRINCIPE.

Les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ sont appliquées en permanence aux bornes Y_1 et Y_2 .

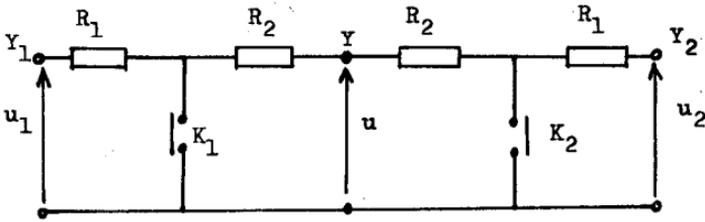


Fig. 9

Lorsque K_1 est ouvert et K_2 fermé, on a : $u = \frac{R_2}{R_1 + 2 R_2} \cdot u_1$;

tandis que lorsque K_2 est ouvert et K_1 fermé, $u = \frac{R_2}{R_1 + 2 R_2} \cdot u_2$.

Si le rapport $\frac{R_2}{R_1 + 2 R_2}$ a une valeur simple, 1/5 par exemple,

on pourra, grâce à l'amplificateur de la voie Y de l'oscillographe, rattraper cet affaiblissement. En se plaçant par exemple sur le calibre 0,2 V/cm, on lira sur l'écran de l'oscillographe des tensions verticales u_1 et u_2 correspondant à 1 V/cm.

Les valeurs $R_1 = 22 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 7,5 \text{ k}\Omega$ sont telles que $\frac{R_2}{R_1 + 2 R_2} \simeq 0,2$.

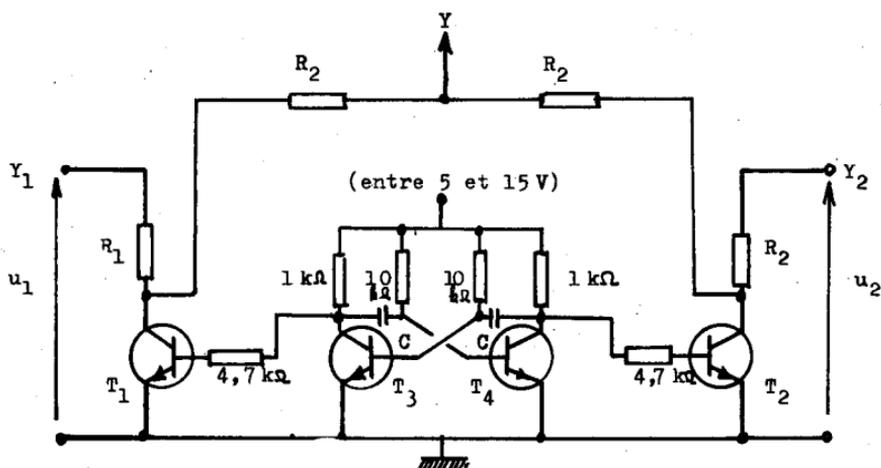
Il faut, d'autre part, que la valeur de R_1 soit assez grande devant les résistances mises en jeu dans le montage lui-même, et faible devant la résistance d'entrée de l'oscillographe (1 M Ω).

Le rôle des interrupteurs K_1 et K_2 est joué par deux transistors T_1 et T_2 commandés alternativement par un multivibrateur classique.

Ce montage simple, ne comportant aucun circuit intégré, ne doit poser aucun problème de réalisation à ceux qui voudront essayer de le construire (fig. 10 ou fig. 11).

Les montages des fig. 10 et 11 sont identiques, à cela près que les collecteurs des transistors T_3 et T_4 sont, dans le montage de la fig. 11, séparés des condensateurs C_1 et C_2 par des diodes rapides. Cela permet d'obtenir des flancs de montée beaucoup plus rapides pour les tensions générées par le multivibrateur d'Abraham et Bloch qui commande les interrupteurs T_1 et T_2 .

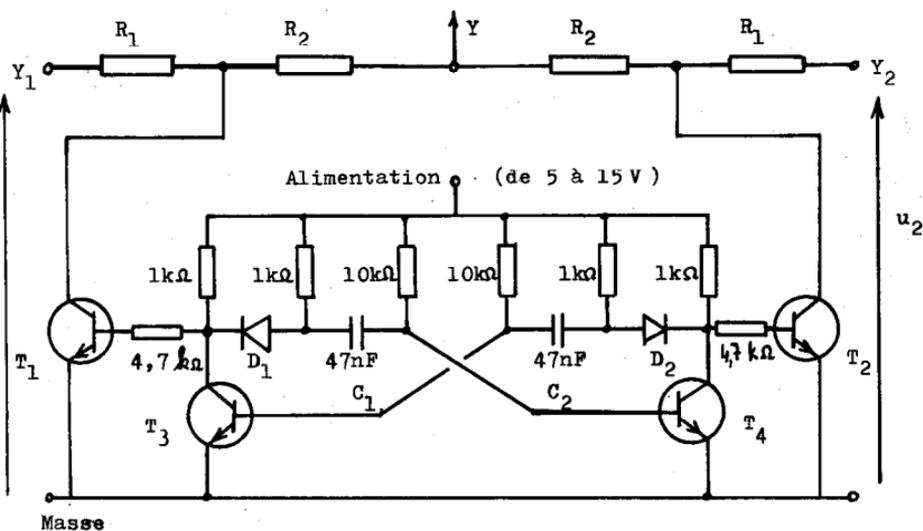
Le montage de la fig. 11 est donc, en principe, meilleur que celui de la fig. 10, tout en restant relativement simple. Cepen-



$C_1 = C_2 = 47 \text{ nF}$; T_1, T_2 : 2 N 2219; T_3, T_4 : 2 N 1711.

$R_1 = 22 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 7,5 \text{ k}\Omega$ (au besoin deux résistances de $15 \text{ k}\Omega$ en //).

Fig. 10



D_1 et D_2 sont des diodes rapides; diodes de signal, à pointe.

Fig. 11

nant, en choisissant convenablement la fréquence du générateur G de la fig. 1 b (il ne faut pas qu'elle forme un rapport simple avec la fréquence de fonctionnement du commutateur), on obtient d'excellents résultats avec le montage le plus simple.