Une nouvelle étude expérimentale du condensateur *

par B. ROULET,
10, rue Jeanne-d'Arc, 92130 Sèvres.

RESUME.

L'étude de la charge du condensateur à intensité de courant constante permet de vérifier facilement que la d.d.p. aux bornes du condensateur est proportionnelle à la quantité d'électricité qui a circulé, cette dernière pouvant être aisément déterminée.

L'étude expérimentale « traditionnelle » du condensateur consiste à le charger à l'aide d'une *source de tension* et à vérifier que $q/u = C^{te}$; elle nécessite l'emploi d'un galvanomètre balistique.

Une variante de ce montage permet de se dispenser du galvanomètre balistique (de plus en plus rare dans nos collections) et d'utiliser un microampèremètre .Elle nécessite une intégration graphique peu agréable (*cf.* compte rendu d'expérimentation du C.R.D.P. de Besançon).

Nous proposons une nouvelle étude expérimentale : la charge d'un condensateur à l'aide d'une *source de courant* : l'intégration graphique est très facile. De plus, elle donne l'occasion d'utiliser une source de courant, malencontreusement oubliée dans nos programmes.

1. LE PRINCIPE (fig. 1).

Soit un dipôle débitant un courant d'intensité constante i. Au bout d'un temps $t_1 - t_0 = \Delta t$, la charge accumulée sur l'armature A du condensateur C est $q_A = i \cdot \Delta t$.

On vérifie que $q_A/(v_A - v_B) = C^{te}$. C'est la capacité du condensateur.

Il faut donc mesurer i, Δt et $(v_A - v_B)$.

(*) *N.D.L.R.* : Ce montage a été présenté au stand U.d.P. de l'exposition S.F.P. 1984, au congrès de l'A.P.E.P.A. en novembre 1985 et à une réunion académique de Caen en octobre 1986.

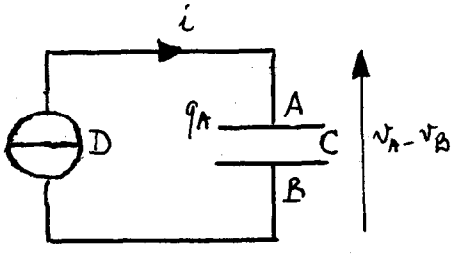


Fig. 1

2. LA REALISATION D'UNE SOURCE DE COURANT (fig. 2).

Elle se fait à l'aide d'un circuit intégré linéaire. Considérons celui-ci comme parfait : les courants d'entrée ont une intensité nulle et la d.d.p. entre les bornes d'entrée est nulle.

Dans le montage, une loi de nœud et deux lois de mailles permettent d'écrire :

$$\begin{cases} e_2 - R_2 i_2 - 0 + R_1 i_1 - e_1 = 0 \\ -a R_2 (i_2 - i) + a R_1 i_1 + 0 = 0 \end{cases}$$

d'où l'on tire : $$i = \frac{e_2 - e_1}{R_2},$$

indépendant du dipôle de charge X.

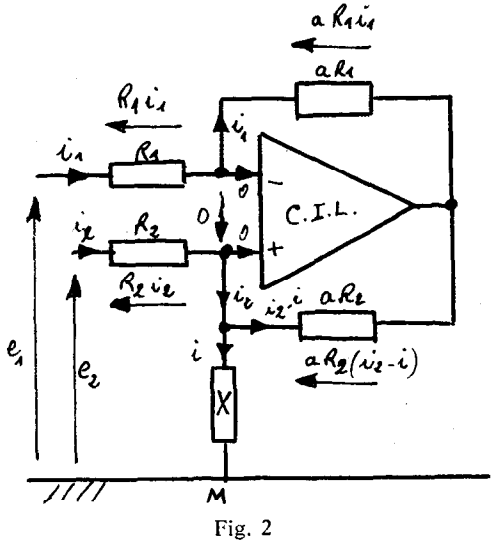


Fig. 2

3. UN PREMIER MONTAGE. NECESSITE D'UNE AMELIORATION (fig. 3).

La source de courant est réalisée en faisant $e_1 = 0$, $e_2 = e$, $R_1 = R_2 = R = 1$ MΩ, $a = 1$. Dans ces conditions : $i = e/R$, et l'intensité (en μA) est numériquement égale à la tension e (en V).

Le condensateur est placé entre la sortie S et la masse M.

Mais la mesure de $(v_A - v_B)$ nécessite l'emploi d'un voltmètre (quelques dizaines de kΩ) ou d'un oscillographe (1 MΩ) et le condensateur se décharge dans l'appareil de mesure : on constate qu'après l'instant t_1, la tension aux bornes du condensateur diminue (1).

Il faut donc prévoir un séparateur ou suiveur (dont la résistance d'entrée est quasiment infinie et la résistance de sortie nulle) entre le condensateur et l'appareil de mesure : il est réalisé à l'aide d'un deuxième C.I.L.

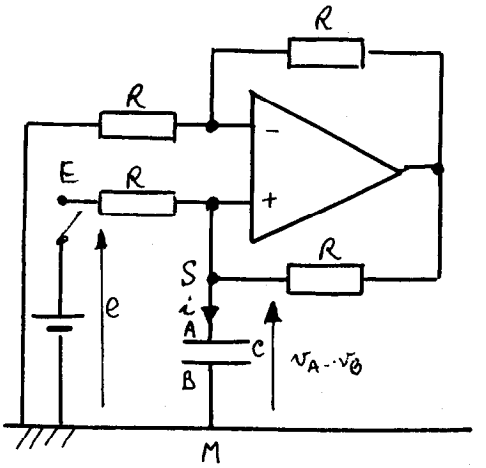


Fig. 3

4. LE MONTAGE DEFINITIF ET L'UTILISATION (fig. 4).

L'ensemble est réalisé à l'aide d'un C.I.L. TL 083 (deux circuits intégrés, entrées à effet de champ, dans le même boîtier), toutes les connexions étant faites sur circuit imprimé. On dispose, indépendamment des bornes d'alimentation — 15, 0, + 15 V,

(1) La charge se fait dans un condensateur et une résistance en parallèle.

des bornes E, S_1 et S_2, ce qui permet de faire varier e (donc i) et d'expérimenter sur plusieurs condensateurs (2).

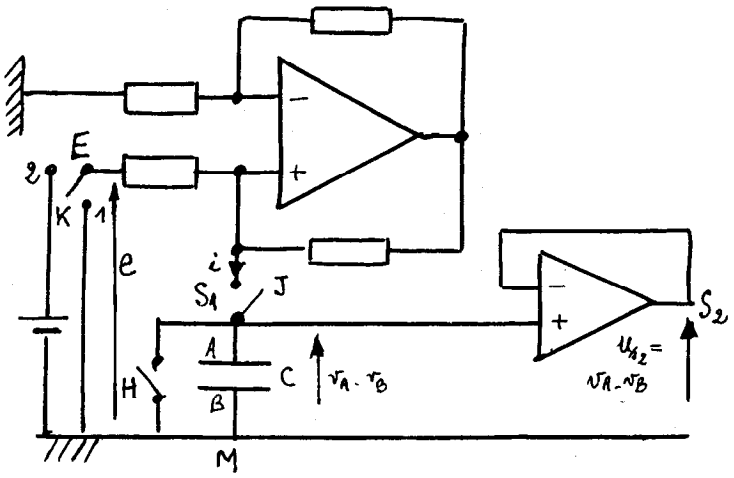


Fig. 4

Suite des opérations :

K en 1, H fermé, J ouvert : on décharge le condensateur ;

K en 1, H ouvert, J ouvert : $e = 0$, $i = 0$, $q_A = 0$ et $(v_A - v_B) = 0$;

K en 2, H ouvert, J ouvert : la source de courant est prête à fonctionner ;

K en 2, H ouvert, J fermé : instant t_0 du début de la charge ;

K en 2, H ouvert, J ouvert : instant t_1 de la fin de charge ;

K en 1, H ouvert, J ouvert : on déconnecte la source de courant ; et le cycle peut recommencer.

5. LA MANIPULATION. EXPLOITATION DES RESULTATS.

5.1. Etude préliminaire de la source de courant.

Entre S_1 et M, on installe une résistance variable R' et un microampèremètre ; K étant en 2 et J fermé, on constate que i = C^{te} quelle que soit la valeur de R' et que $i = e/R$.

(2) Ce montage limite la tension $V_{S_1} - V_M$ à un peu moins de 7,5 V.

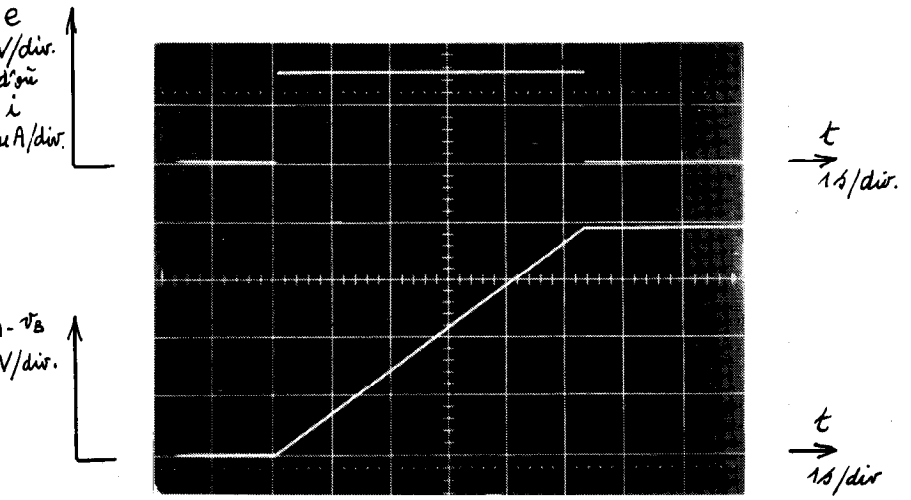
Entre S_1 et M, on installe une pile avec ou sans résistance en série. Mêmes observations.

On peut recommencer avec différentes valeurs de *e*.

5.2. **Etude à l'oscillographe** (fig. 5).

Une faible vitesse de balayage est nécessaire pour suivre qualitativement le phénomène.

Il faut un oscilloscope rémanent ou une photographie pour faire une étude quantitative.



t_0 t_1

$i = 1{,}5\ \mu A$; $\Delta t = 5{,}2$ s ; $q_1 = 7{,}8\ \mu C$

$(v_A - v_B) = 3{,}9$ V

$C = 2\ \mu F$.

Fig. 5

5.3. **Etude à la table traçante.**

Si l'on dispose d'une table traçante $Y = f(t)$, on peut tracer *successivement* $i = e/R = f(t)$ et $(v_A - v_B) = f(t)$. A noter que les départs et arrivées des courbes ne coïncident pas forcément, comme dans les oscillogrammes mais cela n'est pas gênant (3).

(3) Une table traçante double Y_A et $Y_B = f(t)$ donnerait la même figure qu'un oscillogramme.

5.4. **Etude au voltmètre et au chronomètre** (fig. 6).

Elle nécessite un chronométrage manuel donc une moins bonne précision. On répète l'expérience en commençant chaque fois avec un condensateur déchargé, pendant des temps variables.

Résultats chronomètre et voltmètre

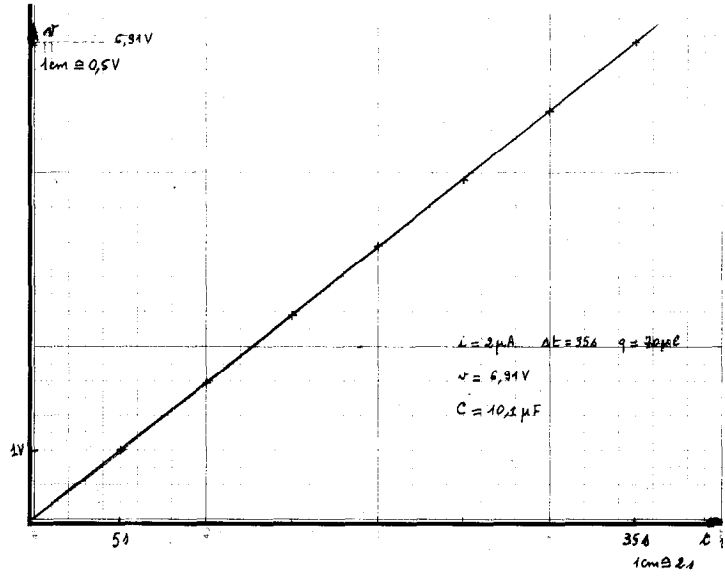


Fig. 6

6. PRIX DE REVIENT.

C.I.L. TL 083 CN (Texas) : 4,12 F T.T.C., prix 1983.

Résistances de 1 MΩ : ≈ (0,2 × 4) F.

Potentiomètres de réglage (peut-être pas indispensables) de 10 kΩ : ≈ (1,1 × 2) F.

Eventuellement un support de C.I. 14 broches : 1,70 F.

Comme d'habitude, ce sont les bornes (≈ 5 F pièce), le commutateur et les interrupteurs (≈ 10 F pièce) et la boîte éventuelle qui coûtent le plus cher.

L'ensemble peut revenir à moins de 90 F.