

Étude du condensateur en T.P. à l'aide d'un générateur de courant

CRITIQUE DE LA METHODE TRADITIONNELLE.

— L'étude de la charge du condensateur se fait toujours à l'aide d'un galvanomètre balistique.

— C'est un appareil que l'on n'utilise guère qu'à cette occasion dans l'enseignement secondaire, ce qui le rend assez mystérieux pour nos élèves.

— Il n'aide guère à comprendre ce qu'est une quantité d'électricité, grandeur dont on parle peu dans les classes précédentes.

— La façon dont on l'utilise pour étudier la charge et la décharge du condensateur donne l'impression que cette opération est pratiquement instantanée, ce qui ne facilite pas la compréhension de ce qu'est le condensateur.

INTERET DU GENERATEUR DE COURANT.

— Quoique pratiquement jamais utilisé dans nos lycées, c'est un appareil souvent utile et il est dommage que nos élèves en ignorent l'existence.

— La charge d'un condensateur à courant constant peut ainsi s'étudier avec des appareils de mesure familiers aux élèves : ampèremètre, voltmètre, chronomètre ou oscillographe.

— Il permet de concrétiser la relation entre charge et intensité.

ETUDE DE LA CHARGE D'UN CONDENSATEUR A COURANT CONSTANT.

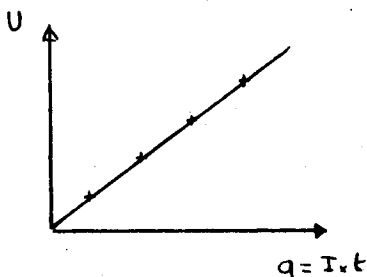
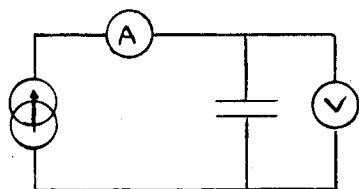
— Nous avons construit un générateur de courant permettant le déroulement suivant :

1) Etude de la charge lente d'un condensateur de capacité élevée.

— On charge un condensateur de $1\,000\ \mu\text{F}$ avec un courant de $100\ \mu\text{A}$ par exemple.

— La mesure de la quantité d'électricité se fait par l'intermédiaire d'un chronomètre (la tension s'élève de $1\ \text{V}$ en $10\ \text{s}$ environ).

On trace la courbe $U = f(q)$ qui est une droite et permet de définir la capacité du condensateur.



— On a ainsi une charge au ralenti du condensateur, qui s'arrête lorsque la tension aux bornes du condensateur a atteint la valeur limite que peut fournir le générateur de courant.

2) Etude de la charge rapide d'un condensateur de faible capacité.

— Le chronomètre ne convient plus pour mesurer le temps. On utilise alors l'oscilloscope. Cela nécessite un système permettant la décharge du condensateur de manière à obtenir un phénomène périodique observable sur l'oscilloscope.

— On obtient des dents de scie permettant également de vérifier la relation $U = \frac{q}{C}$.

— On peut également vérifier très facilement les lois d'association de condensateurs en série ou en parallèle à l'aide de deux condensateurs identiques.

3) Energie emmagasinée par un condensateur.

— Ayant tracé la courbe $U = f(q)$, on peut reproduire le raisonnement ayant permis de trouver en première l'énergie potentielle d'un ressort.

— Cela permet d'introduire l'analogie ressort-condensateur qui sera utile lors de l'étude des circuits oscillants.

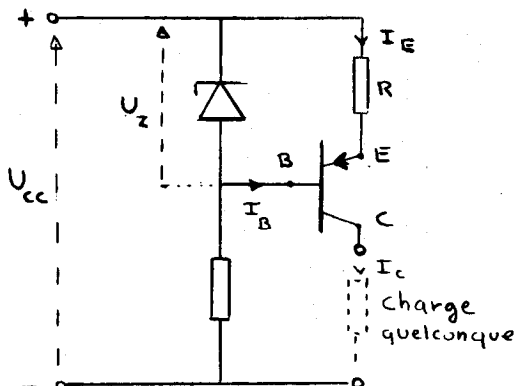
MONTAGE UTILISE.

— Il paraîtra peut-être compliqué à réaliser dans certains lycées qui n'ont pas la chance d'avoir comme nous avec MM. BEL-LEMIN, DARVEY et SALOMON des techniciens de laboratoire aux talents complémentaires.

— Mais il est possible de ne réaliser qu'une partie du montage. C'est pourquoi j'en ai détaillé les différentes fonctions avant de donner le montage complet.

1) Le générateur de courant.

Principe :



— On utilise les propriétés suivantes du transistor au silicium :

$$|U_{BE}| \approx 0,7 \text{ V reste sensiblement constant}$$

$$|I_B| \ll I_C \quad \text{donc} \quad I_C \approx I_E.$$

— Dans le montage ci-dessus, on a donc :

$$I_C \approx I_E = \frac{U_z - U_{EB}}{R} \approx \text{constante.}$$

— Mais bien sûr, la tension délivrée par ce générateur de courant ne peut dépasser $U_{cc} - U_z$.

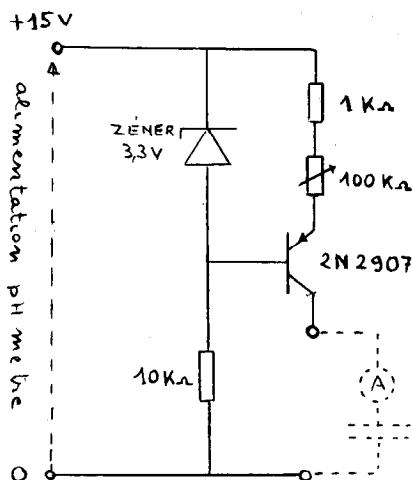
— L'intensité fournie par ce générateur de courant reste donc constante tant que la tension aux bornes de la charge n'atteint pas cette valeur.

— Il est à noter que ce générateur n'a pas à être protégé et qu'il peut être court-circuité sans dommage, contrairement aux générateurs de tension usuels.

Exemple de réalisation :

— Nous avons utilisé l'alimentation du pH-mètre qui est particulièrement intéressante pour les perfectionnements qui suivent.

— Nous avons choisi une diode zéner de tension faible pour que la tension du générateur de courant puisse atteindre 10 V.



— Avec les valeurs indiquées, l'intensité que peut fournir le générateur de courant varie de 25 μ A à 2,5 mA environ.

— Un potentiomètre logarithmique (type B) facilite le réglage.

— Les puissances mises en jeu sont très faibles et on peut utiliser des résistances de 0,25 W, une zener de 400 mW et un potentiomètre de 1 W.

2) Adjonction d'un adaptateur d'impédance.

— La charge du condensateur doit se faire avec une intensité faible si on veut pouvoir mesurer le temps avec un chronomètre. Seuls, un voltmètre électronique ou un oscillographe conviennent alors pour mesurer la tension aux bornes du condensateur.

Si on veut utiliser un voltmètre classique, il faut utiliser un adaptateur d'impédance facile à réaliser avec un amplificateur opérationnel. Cela ne pose aucun problème (si ce n'est qu'il y a 8 pattes à souder) si on alimente le montage avec les alimentations de pH-mètre du C.E.M.S.

— Rappelons les propriétés d'un amplificateur opérationnel idéalisé :

- gain A infini : $U_s = A x \epsilon$,

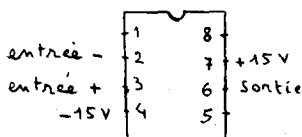
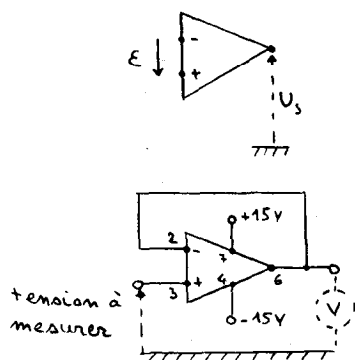
- puisque la tension de sortie est limitée par la tension d'ali-

mentation, il en résulte que : $\epsilon = \frac{U_s}{A} < \frac{15}{\infty}$ reste toujours

négligeable,

- impédance d'entrée infinie, donc consommation pratiquement nulle.

— On voit tout de suite que dans le montage ci-après, la tension mesurée par le voltmètre est égale à celle que l'on veut mesurer mais que l'intensité absorbée est pratiquement nulle.



Brochage d'un 741 quel que soit le fabricant (vue de dessus).

3) Réalisation de « dents de scie ».

— Il faut décharger le condensateur très rapidement lorsque sa tension atteint une valeur donnée.

— On utilise un amplificateur opérationnel 741 en comparateur selon le montage ci-après.

— Lorsque la tension aux bornes du condensateur dépasse la tension de référence U_{ref} , la tension de sortie atteint environ 15 V à cause du gain pratiquement infini.

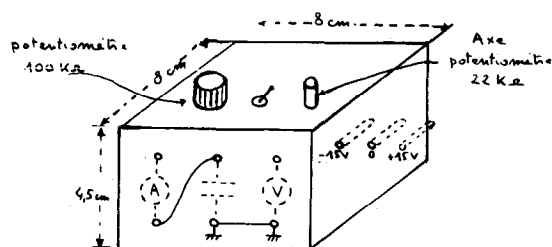
— Cette tension rend passant un transistor placé en dérivation aux bornes du condensateur qui se décharge donc.

— Il faut également annuler en même temps la tension de référence pour que la décharge ne s'arrête pas.

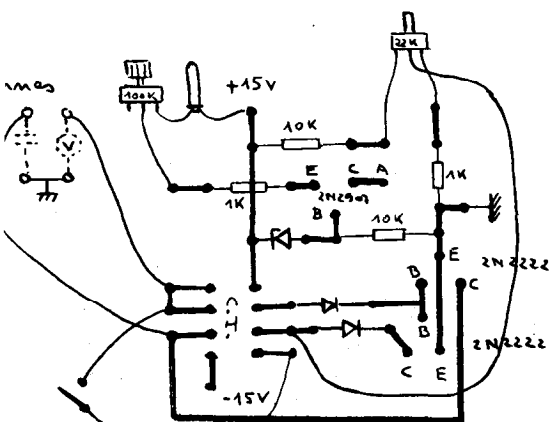
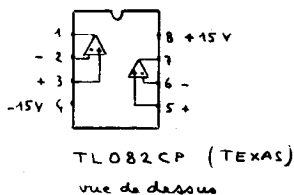
— Une des diodes sert à protéger les bases des transistors lorsque la tension de sortie de l'amplificateur est -15 V, l'autre à retarder un peu la décharge du condensateur par rapport à la chute de U_{ref} .

— Attention, il faut des diodes rapides type 1 N 647 et non des diodes de redressement.

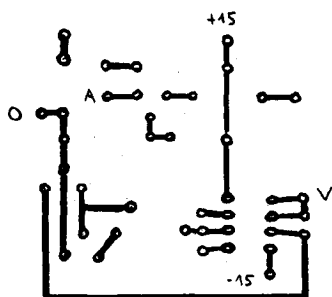
— Si on utilise les alimentations de pH-mètre, il faut réaliser un boîtier s'enfichant directement sur les alimentations par des fiches banane selon le schéma ci-après.



Schema du
boîtier



implantation des composants
(vue de dessus)



Schema du
circuit imprimé
(côté cuivre)

— Le prix de revient de l'ensemble ne dépasse pas 100 F, les composants les plus chers étant les potentiomètres.

LETZGUS.