

TP Le condensateur

I. But du TP

Etudier la charge et la décharge d'un condensateur, vérifier la loi du condensateur (voir théorie en annexe).

II. Matériel utilisé

- générateur de tension réglable
- commutateur à 2 positions
- ampèremètre avec position zéro au milieu (galvanomètre)
- voltmètre (branché aux bornes du condensateur)
- condensateurs de différentes capacités
- interrupteur (en c)
- chronomètre (en c)

L'ampèremètre est utilisé comme *ampèremètre balistique (galvanomètre)*: si la durée du passage du courant à travers l'ampèremètre est petite devant la période propre de l'aiguille initialement au repos, celle-ci atteint une *déviatiion maximale* D_m proportionnelle à la charge totale Q qui a traversé l'ampèremètre.

ATTENTION

Les condensateurs à haute capacité présentent des dangers à ne pas négliger (allant du simple picotement jusqu'aux brûlures voire fibrillation du cœur et arrêt cardiaque) dû à la charge électrique très importante accumulée sur les électrodes. La décharge dans un temps très court permet d'atteindre des courants assez importants pouvant provoquer de graves lésions !

IL FAUT DONC IMPERATIVEMENT COURT-CIRCUITER LES CONDENSATEURS AVANT ET APRES LEUR UTILISATION !

Faites vérifier votre montage par le professeur avant de procéder aux mesures et réalisez un schéma du circuit de charge/décharge.

III. Mesures et calculs

a) Charge et décharge du condensateur (voir 2.)

Utiliser le condensateur de 400 μF et placer le commutateur en position charge. ($U=10\text{V}$) Placer l'échelle de l'ampèremètre sur le calibre 0,03A (continu).

Observer et interpréter l'indication de l'ampèremètre et décrire le mouvement des électrons dans le circuit.

Répéter les mêmes manœuvres et réflexions pour la décharge du condensateur.

Conclure !

b) Vérification expérimentale de la loi du condensateur (voir 3.)

- Influence de la tension à capacité constante :

Mesurer pour différentes tensions les déviations maximales de l'aiguille au cours de la charge du condensateur.

On fera varier la tension de 0 V à 10 V, par pas de 1 V, et on utilisera le condensateur de 400 μF (respecter les polarités !!). L'échelle de l'ampèremètre sera réglée sur 0,03A (continu).

Représenter graphiquement la déviation maximale en fonction de la tension et ajuster par une droite. Donner les valeurs de la pente et de l'ordonnée à l'origine.

- Influence de la capacité à tension constante :

Mesurer pour différentes capacités les déviations maximales de l'aiguille au cours de la charge du condensateur. La tension utilisée sera de 6 V, le calibre de l'ampèremètre 0,03 A (continu) et on utilisera des condensateurs de 100 μF jusqu'à 800 μF par intervalle de 100 μF . (Pour arriver aux valeurs intermédiaires, on met en parallèle les deux condensateurs précédents. La capacité équivalente en montage en série est la somme des capacités branché en parallèle : $C_{//} = C_1 + C_2 + \dots$)

Représenter graphiquement la déviation maximale en fonction de la capacité et ajuster par une droite. Donner les valeurs de la pente et de l'ordonnée à l'origine.

- Conclure

c) Temps de décharge d'un condensateur

Réaliser un circuit contenant un générateur de tension variable, un interrupteur simple et un condensateur de 10 μF en série. Le voltmètre est branché en parallèle au condensateur. La tension est réglée sur 6V.

Quelle est la résistance du circuit de charge ? Quelle est donc la durée de charge du condensateur.

Ouvrir l'interrupteur ! Le condensateur se décharge.

Quelle est la résistance du circuit de décharge ? Comparer la durée de décharge à celle de la charge. Conclure quant à la résistance du voltmètre.

Lors de la décharge, la tension aux bornes du condensateur diminue progressivement. On mesure l'instant t pour lequel la tension U prend la valeur de 6,0V ; 5,5V ; 5,0V,....., de 1,0V et 0,5 V.

Représenter la tension U aux bornes du condensateur en fonction du temps.

Cette courbe est appelée exponentielle décroissante.

Déterminer graphiquement la durée de demi-décharge $T_{1/2}$.

Comment est modifiée cette courbe de décharge si la résistance est plus petite respectivement plus grande. Esquisser ces courbes sur le graphe précédent.

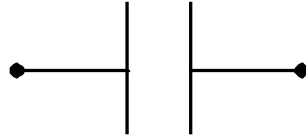
1. Théorie :

a) Définitions

Un **condensateur** est formé par deux surfaces métalliques en regard, séparées par un isolant (= diélectrique).

Les surfaces métalliques en regard sont appelées les **armatures** du condensateur.

Schéma pour le condensateur dans un circuit électrique :



b) Application pratique

Le condensateur est utilisé dans tout genre de circuit électronique. Sa première raison d'utilisation est d'emmagasiner temporairement des charges électriques et donc de l'énergie électrique. De plus, les condensateurs jouent un rôle important dans les circuits de synchronisation électronique (radio, TV), dans les filtres électroniques de fréquences et dans les circuits de transmission de signaux.

Les condensateurs modernes se présentent sous différentes formes. Le plus commun est formé par deux feuilles d'aluminium séparées par une feuille de diélectrique (papier, mica, ...), le tout enroulé en un petit cylindre et scellé.

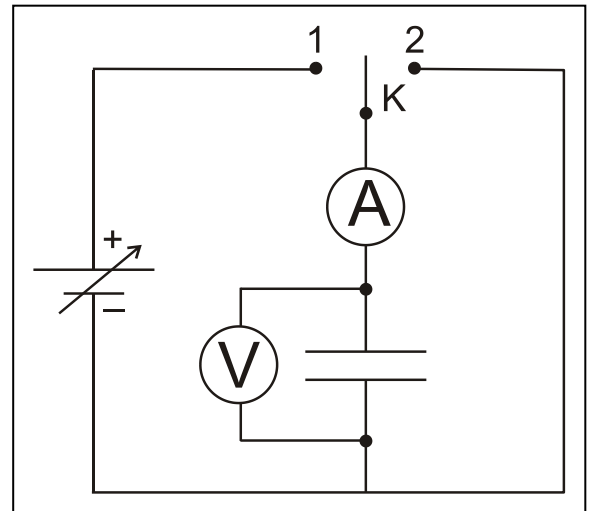


2. Charge et décharge d'un condensateur. Étude expérimentale

a) Dispositif expérimental

L'interrupteur K peut être fermé soit en position 1 soit en position 2.

A est un ampèremètre très sensible, présentant une caractéristique intéressante : lorsqu'il est parcouru par une impulsion de courant (courant de brève durée), la **dévi**ation maximale de l'aiguille est proportionnelle à la quantité de charge totale Q qui l'a traversé.



b) Observations et interprétations

1. Charge du condensateur

Fermons K en 1 : l'aiguille de A dévie brièvement.

Le pôle + du générateur attire quelques électrons de l'armature 1, les propulse vers le pôle - d'où ils sont repoussés vers l'armature 2.

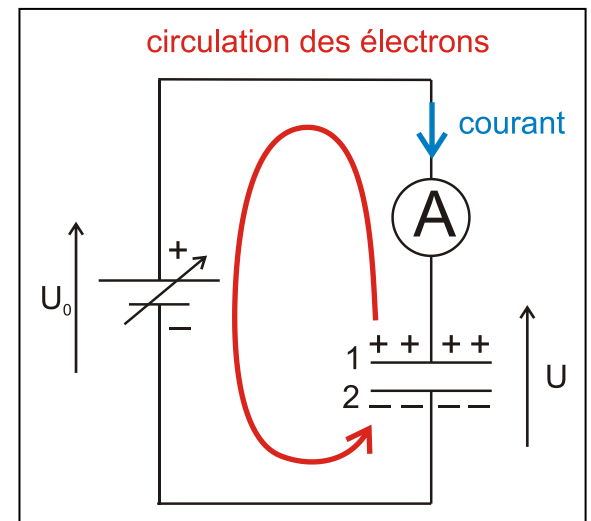
Cette circulation d'électrons donne lieu à une impulsion de courant indiquée par l'ampèremètre. Cette impulsion de courant fait apparaître des quantités de charge $Q_1 > 0$ sur l'armature 1 et $Q_2 < 0$ sur l'armature 2 du condensateur. On a évidemment :

$$Q_1 = -Q_2.$$

La présence des charges est indiquée par l'existence d'une tension U aux bornes du condensateur.

L'impulsion de courant s'arrête dès que $U = U_0$: aucun courant ne circule plus dans le circuit. On dit alors que l'on a chargé le condensateur, sa « **charge** » vaut

$$Q = |Q_1| = |Q_2|.$$



Remarque :

La « **charge** Q » du condensateur est la valeur absolue de la charge qui s'accumule sur l'une de ses armatures. (La charge totale des 2 armatures est évidemment nulle !)

Ouvrons K : l'aiguille de A ne dévie pas.

Aucun courant ne circule. Le condensateur reste chargé. Sa tension est toujours $U=U_0$ et sa charge Q.

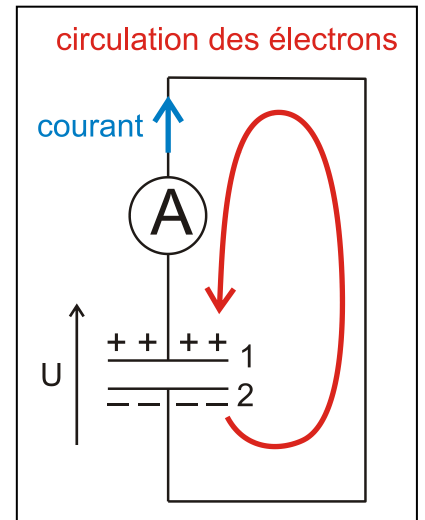
2. Décharge du condensateur

Fermons K en 2 : l'aiguille de A dévie brièvement dans l'autre sens.

Le condensateur chargé est court-circuité. Les électrons de l'armature 2 circulent à travers le circuit pour compenser le défaut d'électrons sur l'armature 1.

La circulation d'électrons s'arrête si les deux 2 armatures sont neutres, c.-à-d. si $U = 0$ et $Q = 0$.

Lorsqu'on relie les armatures d'un condensateur chargé par un conducteur, on décharge le condensateur. La tension à ses bornes ainsi que sa charge s'annulent.



3. Relation entre la charge Q d'un condensateur et sa tension U

a) Expérience

Le fait qu'un condensateur est chargé est indiqué par l'existence d'une tension entre ses bornes. Plus la charge Q est élevée, plus la tension U est grande. Quand le condensateur n'est pas chargé, la tension U à ses bornes vaut 0 V .

Recherchons une relation entre la tension U aux bornes d'un condensateur et la charge Q accumulée. Pour ce faire, nous mesurons la charge accumulée pour différentes tensions U .

Le dispositif expérimental est celui de l'expérience du paragraphe précédent. La déviation maximale D_m de l'aiguille de l'ampèremètre est une mesure de la charge Q qui a circulé dans le circuit lors de la charge ou de la décharge du condensateur. ($D_m \sim Q$) C'est la même charge que celle qui s'accumule sur les armatures du condensateur.

b) Conclusion

si $C = \text{constant}$: $D_m \sim U$

si $U = \text{constant}$: $D_m \sim C$

$\Rightarrow D_m \sim C \cdot U$ (résultat des expériences) et $D_m \sim Q$ (propriété du galvanomètre)

$\Rightarrow Q \sim C \cdot U$

$\Rightarrow \frac{Q}{C \cdot U} = \text{facteur de proportionnalité } f$

On utilisant les unités SI (coulomb pour Q , volt pour U), on pose f comme étant 1 et on obtient :

$$Q = C U$$

Ainsi : La charge Q du condensateur est proportionnelle à la tension U entre ses armatures :

C est le facteur de proportionnalité constant

c) Capacité C d'un condensateur

Ainsi, le facteur de proportionnalité constante $C = \frac{Q}{U}$ caractérise le condensateur.

C est numériquement égal à la charge accumulée par le condensateur sous une tension de 1V.

- * si C est grand : le condensateur accumule une forte charge sous 1 V.
- * si C est petit : le condensateur n'accumule qu'une faible charge sous 1 V.

Voilà pourquoi C est appelé la **capacité du condensateur**.

d) Unité SI de la capacité C d'un condensateur

La capacité C a comme unité SI le coulomb/volt. Par définition on appelle 1 coulomb par volt un « farad » noté 1 F (en honneur à Michael Faraday):

$$\text{si } Q = 1 \text{ C et } U = 1 \text{ V, alors } C = 1 \text{ F}$$

Une capacité de 1 F étant extrêmement grande, on utilise les sous-multiples du farad :

le microfarad : $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$

le nanofarad : $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$

le picofarad : $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$

e) Conclusion finale : relation entre Q, U et C

Lorsqu'une tension U est appliquée aux bornes d'un condensateur, des charges $Q > 0$ et $-Q < 0$ s'accumulent sur ses armatures.

La charge Q du condensateur est numériquement égale au produit de sa capacité C par la tension électrique U

$$\boxed{Q = C \cdot U}$$