

Condensateurs : capacité, énergie emmagasinée

I. Définition et présentation

I.1. Définition

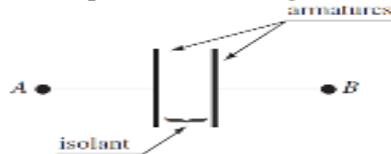
Un condensateur est un ensemble de deux conducteurs (armatures) dont les surfaces en regard sont proches l'une de l'autre et séparées par un isolant, appelé « diélectrique ».

Ce diélectrique peut être l'air, du verre, du papier, ...

Les armatures des condensateurs ont des formes variées.

Le plus simple est le condensateur plan formé de deux lames métalliques planes séparées par un isolant.

Un condensateur est symbolisé par deux traits parallèles en regard :



I.2. Présentation

La première raison d'utilisation d'un condensateur est d'emmagasiner temporairement des charges électriques et donc de l'énergie électrique. Les condensateurs sont généralement classés en fonction de la nature du diélectrique utilisé dans leur fabrication ou de leurs principes de constructions.

Les condensateurs peuvent être rangés dans trois grands groupes :

a) Les condensateurs dits polarisés

Ces condensateurs présentent une borne positive + et une borne négative - et ne peuvent être utilisés qu'en courant continu.

b) Les condensateurs non polarisés

On peut utiliser ces condensateurs indifféremment en courant continu et en courant alternatif ; leurs bornes ne sont pas différenciées.

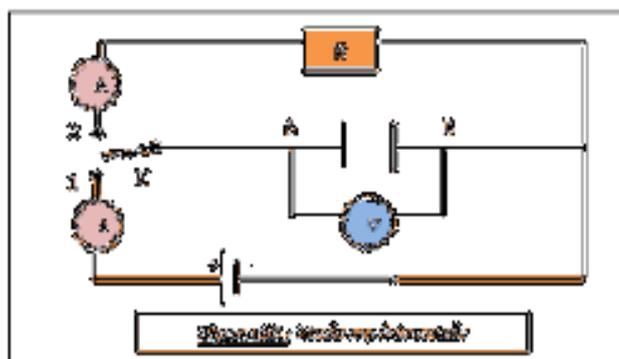
c) Les condensateurs variables

Un condensateur variable comporte une série de lames fixes entre lesquelles peuvent s'introduire une série de lames mobiles. On dispose ainsi d'une capacité variable.

II. Charge et décharge d'un condensateur

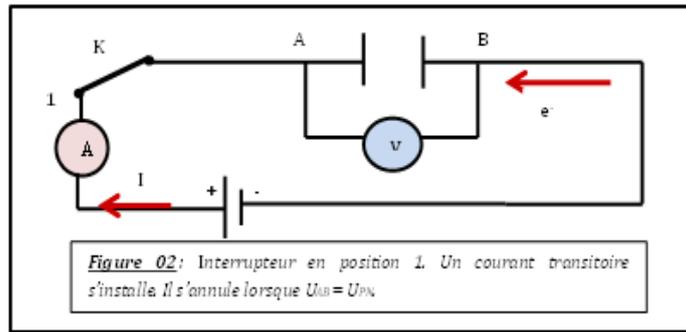
II.1. Mise en évidence

Considérons le montage de la figure 01, où les armatures du condensateur sont notées A et B :

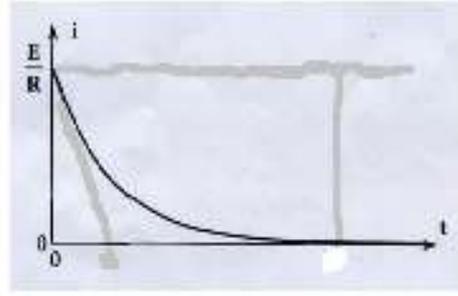
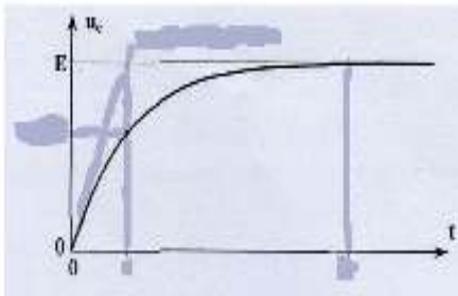


II.2. Charge d'un condensateur

Plaçons l'interrupteur k en position 1 (fig. 02). Malgré la présence de l'isolant situé entre les armatures du condensateur, l'ampèremètre A révèle le passage d'un courant dans le sens indiqué sur la figure 2 :



- ✓ Des électrons se dirigent vers l'armature B et s'y accumulent. Dans le même temps un nombre égal d'électrons quitte l'armature A.
- ✓ L'armature A est alors chargée positivement ($Q_A > 0$) alors que l'armature B l'est négativement ($Q_B < 0$). Et on a que $Q_B = -Q_A$
- ✓ La présence des charges est indiquée par l'existence d'une tension U_{AB} aux bornes du condensateur. La tension U_{AB} augmente progressivement et lorsqu'elle devient égale à U_{PN} , le courant ne circule plus.

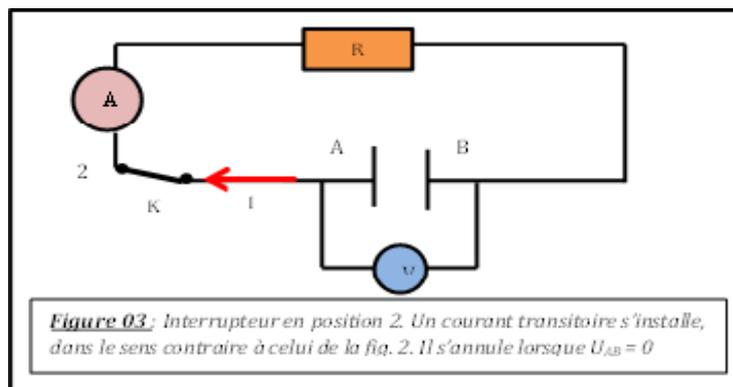


On dit alors que l'on a chargé le condensateur, sa charge vaut :

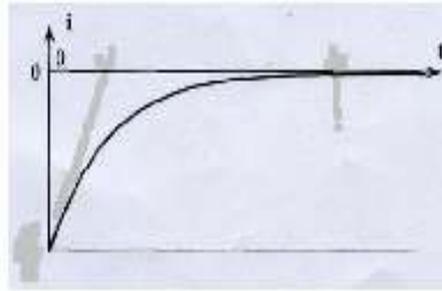
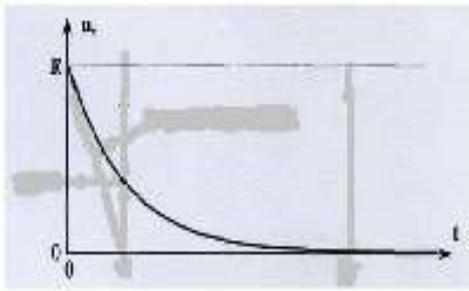
$$Q = |Q_1| = |Q_2|$$

II.3. Décharge d'un condensateur

Plaçons l'interrupteur en position 2 (fig. 03). Bien que le circuit ne comporte pas de générateur, l'ampèremètre A relève le passage d'un courant dans le sens indiqué sur la figure 03.



- ✓ Les électrons de l'armature B circulent à travers le circuit pour compenser le défaut d'électrons sur l'armature A.
- ✓ La tension U_{AB} décroît progressivement.
- ✓ La circulation d'électrons s'arrête si les deux armatures sont neutres c.-à-d. si $U_{AB} = 0$ 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.

III. Capacité d'un condensateur

III.1. Relation entre charge et tension

L'expérience montre que la tension U_{AB} aux bornes du condensateur est proportionnelle au temps :

$$U_{AB} = k.t \quad \text{or} \quad t = \frac{Q}{I} \Rightarrow U_{AB} = k \cdot \frac{Q}{I}$$

$$\text{D'ou} \quad Q_A = \frac{I}{k} U_{AB} \quad \text{Soit en posant } C = \frac{I}{k}$$

$$Q_A = C.U_{AB}$$

Le facteur de proportionnalité C , positif, dépend du condensateur dont il constitue une caractéristique, est appelé la capacité du condensateur.

$$Q_A = C.U_{AB} \quad \left| \begin{array}{l} Q \text{ en Coulomb } C \\ U_{AB} \text{ en volt } V \\ C \text{ en Farad } F \end{array} \right.$$

La charge portée par l'une des armatures A d'un condensateur est égale au produit de la capacité de ce condensateur par la tension appliquée entre les armatures.

III.2. Capacité d'un condensateur plan

Pour un condensateur plan, la capacité est proportionnelle à la surface S commune aux armatures en regard et inversement proportionnelle à la distance d qui les sépare :

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} \quad \varepsilon \text{ est appelé permittivité du diélectrique}$$

Pour le vide ε est noté ε_0 et il vaut $8,84 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$.

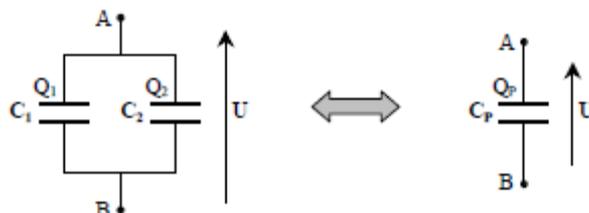
On définit la permittivité relative d'un milieu par rapport au vide par :

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}, \text{ il est toujours supérieur à } 1 \Rightarrow C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

III.3. Association de condensateurs

a) Association en parallèle

Considérons le circuit suivant :



La différence de potentielle $V_A - V_B$ entre leurs armatures est la même.

La charge du premier condensateur est : $q_1 = C_1 \cdot (V_A + V_B)$

Celle du second : $q_2 = C_2 \cdot (V_A + V_B)$

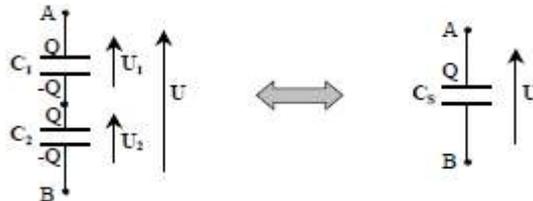
La charge totale de l'ensemble est : $q = q_1 + q_2 = (C_1 + C_2) \cdot (V_A + V_B)$

En posant $C = C_1 + C_2$: $q = C \cdot (V_A + V_B)$

Généralisation : la capacité du condensateur équivalent à l'association de plusieurs condensateurs en parallèle est égale la somme des capacités de ces condensateurs : $C = \sum_i C_i$

b) Association en série

Associons maintenant deux condensateurs en série :



La différence de potentielle répartie entre les deux condensateurs est :

$$V_A - V_B = (V_A - V_C) + (V_C - V_B)$$

La charge du premier condensateur est : $q_1 = C_1 \cdot (V_A + V_C)$

Celle du second : $q_2 = C_2 \cdot (V_C + V_B)$

Les deux condensateurs portent la même charge : $q = q_1 = q_2$.

$$\text{Ainsi : } V_A - V_C = \frac{q}{C_1} \quad \text{et} \quad V_C - V_B = \frac{q}{C_2}$$

$$\text{D'où : } V_A - V_B = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right). \text{ En posant } \frac{1}{C} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

La charge des condensateurs est : $q = C \cdot (V_A + V_B)$

Généralisation : l'inverse de la capacité du condensateur équivalent à l'association de plusieurs condensateurs en série est égale la somme des inverses des capacités de ces condensateurs : $\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$

IV. Energie emmagasinée dans un condensateur

Soit W l'énergie emmagasinée par le condensateur, Q la charge du et C la capacité du condensateur.

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad \text{comme} \quad Q = CU \quad W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU$$

Evaluation :

- I. Un condensateur plan a la surface des armatures $S = 100\text{cm}^2$. L'épaisseur du diélectrique est $e = 2\text{cm}$. La permittivité relative du diélectrique est $\epsilon_r = 2$.
 1. Calculer la capacité du condensateur plan
 2. Calculer la charge q du condensateur si on applique une tension $U = 100\text{V}$
 3. Calculer l'énergie emmagasinée
 4. Que devient la charge si l'épaisseur devient la moitié.
- II. On dispose de deux capacités $C_1 = 5\mu\text{F}$ et $C_2 = 20\mu\text{F}$
 1. Calculer la capacité équivalente C si les deux condensateurs sont en série.
 2. Calculer la capacité équivalente C' si les deux condensateurs sont en parallèle.
 3. Soit W_1 l'énergie emmagasinée par C_1 , W_2 l'énergie emmagasinée par C_2 et W l'énergie emmagasinée par C

Etablir la relation entre W , W_1 et W_2

- a) Si les condensateurs sont en série
- b) Si les condensateurs sont en parallèle