Leçon 11: Les condensateur

ACTIVITÉ D'INTÉGRATION

Un condensateur plan de charge **Q**, est alimenté sous une tension **U** variable. Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs de Q en fonction de celles de U :

Q (μC)	0	120	225	500	800	1000	1300	1500
U (V)	U_0	12,00	18,75	41,67	66,67	83,33	108,33	125,00

a- Tracer la courbe Q = f(U). Préciser l'échelle utilisée.

b- Quelle est la nature de la courbe obtenue ?

c- Par lecture graphique,

c.1- Déterminer la valeur de U_0.

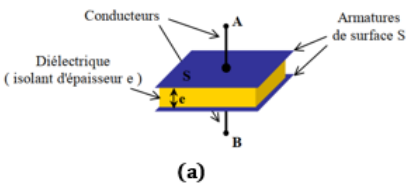
c.2- Déterminer la valeur de la pente. Quelle est son unité ?

Objectifs

- Définir, décrire et donner quelques utilisations d'un condensateur.
- Écrire et exploiter les relations exprimant l'énergie emmagasinée par un condensateur.
- Déterminer la capacité équivalente du regroupement des condensateur.
- Exploiter les phénomènes de charge et de décharge d'un condensateur.

1.1 Définition et présentation

- Un **condensateur** est un ensemble de deux surfaces conductrices appelées **armatures**, placées en regard l'une de l'autre et séparées par un milieu isolent appelé **diélectrique**. On définit aussi le **condensateur** comme étant un composant constitué par deux conducteurs parallèles, appelés armatures, séparés par toute l'étendue de leur surface, par un milieu isolent de faible épaisseur, exprimé par sa **rigidité diélectrique** ε_r ou **permittivité relative.** (figure 11.1.a)
- La distance entre les armature est très petite par rapport à leurs dimensions.
- Les armatures portent des charges opposées **Q** et $-\mathbf{Q}$: **Q** est appelée la **charge** du condensateur.
- La figure 11.1.b ci-contre représente le symbole normalisé d'un condensateur.



(a)

(b)

Figure 11.1 : Représentations d'un condensateur plan

1.2 Charge et décharge d'un condensateur

Considérons la figure ci-dessous où (G_a) est un **galvanomètre balistique**, (G) un générateur de force électromotrice (f.é.m.) **E**, (**k**) un interrupteur simple allumage et (**C**) le condensateur.

Remarque

■ Le galvanomètre mesure les quantités d'électricité traversant son cadre, dans un sens comme dans l'autre.

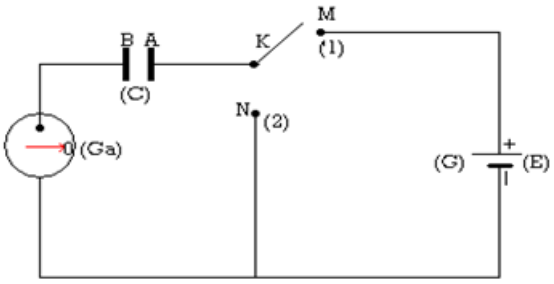


Figure 11.2 : Dispositif expérimental

1.2.1. Charge d'un condensateur

- Fermons le circuit en mettant (**k**) en position (1) i.e. en M (fig. 11.3). L'aiguille de ($\mathbf{G}_a$) dévie rapidement, puis revient au zéro. Même si le circuit est fermé, plus rien ne se passe. On dit que le condensateur est **chargé**.

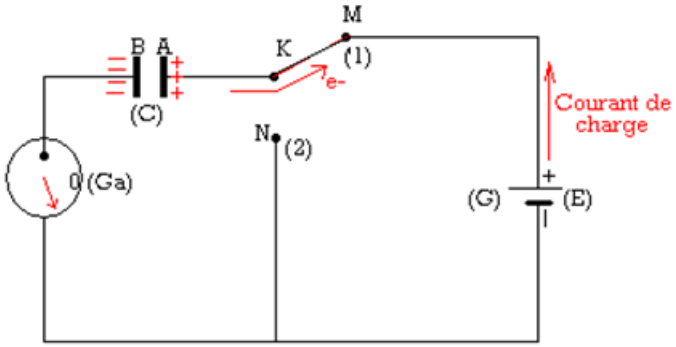


Figure 11.3 : Charge d'un condensateur

- Les électrons ne traversent pas le condensateur à cause de l'isolent qui sépare les armatures A et B de (C).
- Les électrons s'accumulent sur l'armature B, qui se charge négativement (Q_B = -n.e) tandis que l'armature A se charge positivement (Q_A = n.e).
- Les charge Q_A et Q_B sont telles que : $|Q_A| = |Q_B| = Q$.
- In se crée en A et B, une différence de potentiel (ddp) V_A - V_B et lorsque V_A - V_B = **E**, le condensateur est dit **chargé**.

1.2.2. Décharge d'un condensateur

- Plaçons à présent (k) en N (fig. 11.4). L'aiguille de (G_a) dévie du même angle, mais en sens inverse du sens précédent, puis revient à zéro.

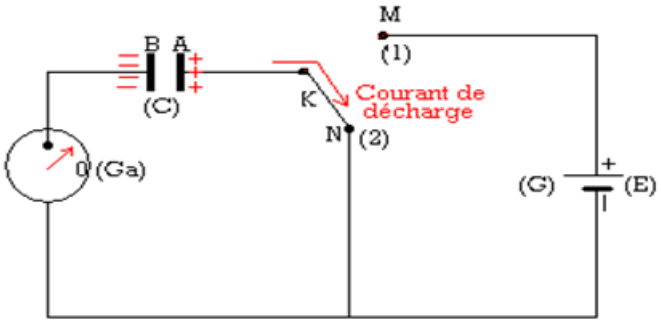


Figure 11.4 : Décharge d'un condensateur

- Le condensateur (C), débite dans le circuit, il se comporte dont comme un **dipôle actif**.
- La ddp produit un mouvement des électrons de B → A et la tension aux bornes de (C) diminue progressivement jusqu'à s'annuler. Le condensateur est dit **déchargé**.

1.3 La capacité C d'un condensateur

1.3.1. Définition de la capacité : relation entre Q et U

- La mesure successive des charges Q_i (avec $i = 1, ..., n$) obtenues sous les tensions $U_i|_{i=1,...,n}$, montre que :

$$\frac{Q_1}{U_1} = \frac{Q_2}{U_2} = \frac{...}{...} = \frac{Q_n}{U_n} = cosntante = C$$

où la constante **C** est le coefficient de proportionnalité.

- On dira alors que la charge Q d'un condensateur est proportionnelle à la tension U. La constante de proportionnalité **C** est appelée **capacité** du condensateur. On en déduit alors que :

$$Q = C.U \text{ avec } \begin{cases} Q\ (C) \\ U\ (V) \\ C\ (C.V^{-1} = Farads) \end{cases} \tag{11.1}$$

- En pratique, on utilise les sous-multiples du Farad (F) car, le farad lui-même représente une importante quantité. Ces sous-multiples sont :

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F} \qquad 1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F} \qquad 1\ \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

1.3.2. Capacité C_p d'un condensateur plan

Un **condensateur plan** est un condensateur dont les armatures en regard sont planes et parallèles. La capacité C_p en farads d'un tel condensateur est :

- proportionnelle à la surface **S** (en m^2) commune des armatures en regard,
- inversement proportionnelle à la distance d (en m) séparant ces armatures,
- variable avec la nature du diélectrique (permittivité ε_r) :

$$C_p = \frac{k \times \varepsilon_r \times S}{d} \tag{11.2}$$

- la constante $\varepsilon_r = \varepsilon$ est appelée **constante diélectrique**
- dans le système international, $k = 8,85 \times 10^{-12}$
- Valeurs de quelques constantes diélectriques :

Nature du diélectrique	Air	Polystyrène	Paraffine	Verre	Mica	Porcelaine
Valeur de ε	1	2	3,5	3 à 7	8	10

Exemple 11.1

Chaque armature d'un condensateur plan à air a une surface de 12,5 cm^2. L'épaisseur du diélectrique est de 0,1 mm.

a. Quelle est la capacité de ce condensateur ?

b. On le charge sous une tension de 20 V. Quelle est sa charge en coulombs ?

Solution 11.1

condensateur plan : $\begin{cases} S = 125.10^{-5}\ m^2 \\ d = 10^{-4}\ m \\ C_p = ?\quad Q = ? \end{cases}$

et $\begin{cases} \varepsilon = 1\quad (air) \\ U = 20\ V \end{cases}$.

a. Déterminons C_p.

D'après (11.2), on :

$C_p = \dfrac{k\varepsilon S}{d} = 1{,}11.10^{-10}$ F.

b. Calculons Q pour U = 20 V

D'après (11.1), on a :

$Q = C_p.U = 2{,}21.10^{-9}$ C = 2,21 nC.

1.4 Énergie W d'un condensateur

L'énergie **W** en joules (J) d'un condensateur de capacité **C** (F) chargé sous une tension **U** (V), est donnée par :

$$\mathbf{W} = \frac{1}{2}C.U^2 = \frac{1}{2}Q.U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \tag{11.3}$$

1.4.1. La fuite dans un condensateur

Il faut noter qu'un condensateur n'est **jamais parfait**, car son diélectrique n'est pas **parfaitement isolent**. Il en résulte un passage ± important des électrons à travers le diélectrique. Un condensateur se charge lentement. La résistance du diélectrique au passage du courant électrique est appelée **résistance de fuite**. Elle doit être la plus élevée possible.

1.4.2. La tension de service

Elle représente la tension pour laquelle le condensateur fonctionne normalement. Elle est indiquée par le constructeur et représente la valeur maximale qu'il serait dangereux de dépasser (calibre).

1.4.3. La tension de rupture

C'est la tension pour laquelle, l'étincelle jaillit entre les armatures, provoquant la détérioration du diélectrique.

Par exemple, pour une épaisseur de 1 cm (diélectrique), on a les tensions de rupture suivantes :

Diélectrique	Air sec	Pétrole	Verre	Mica
Tension de rupture (V)	33 000	65 000	75 000 à 300 000	600 000 à 750 000

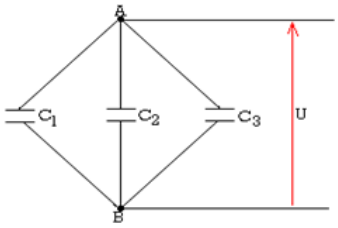
1.5 Les groupements des condensateurs

1.5.1. Groupement en surface ou en parallèle

Considérons la figure 11.5 ci-dessous dans laquelle trois condensateurs de capacité C_1, C_2, et C_3 (toutes différentes) respectives sont montées en parallèle. D'après la loi d'unicité des tension (cas d'un

montage en parallèle), l'ensemble est alors chargé sous la même tension U.

On a : $\begin{cases} Q_1 = C_1.U \\ Q_2 = C_2.U \\ Q_3 = C_3.U \end{cases}$



a charge équivalente $\mathbf{Q}_{eq}$ est :

$$\mathbf{Q}_{eq} = \mathbf{Q}_1 + \mathbf{Q}_2 = \mathbf{Q}_3 = \mathbf{C.U}$$

Ce qui donne alors :

$$\mathbf{C = C_1 + C_2 + C_3} \qquad (11.4)$$

Généralité

- Si dans un circuit en parallèle, on a C_1, C_2, C_3, ..., C_n condensateurs tous différents, la capacité équivalente C_{eq} est égale à la somme de toutes les capacités constituant le circuit :

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_i = C_1 + C_2 + \cdots + C_n \qquad (11.5)$$

- Par contre, si les n-condensateurs sont identiques, de capacité C_0 chacun, le condensateur équivalent aura pour capacité :

$$C = n.C_0 \qquad (11.6)$$

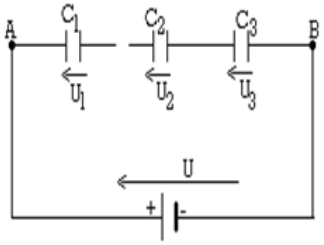
Remarque.

■ L'association en parallèle permet d'obtenir une capacité plus importante que celle des condensateurs utilisés

■ Si tous les condensateurs ne sont pas identiques, il faut tenir compte de la plus petite tension de service des condensateurs du groupement.

1.5.2. Groupement en série ou en cascade

Considérons le montage de la figure ci-contre dans lequel trois condensateurs de capacités respectives C_1, C_2 et C_3 toutes différentes, sont montés en série et appliquons-y une tension **U**.



La tension équivalente (d'après la loi d'additivité des tensions, cas d'un montage en série) $\mathbf{U}_{eq}$ est la somme des tensions partielles :

$$\begin{cases} U_{eq} = U_1 + U_2 + U_3 \\ \dfrac{Q_{eq}}{C_{eq}} = \dfrac{Q_1}{C_1} + \dfrac{Q_2}{C_2} + \dfrac{Q_3}{C_3} \end{cases} \qquad (11.7)$$

or, en série, $\mathbf{Q}_{eq} = \mathbf{Q}_1 = \mathbf{Q}_2 = \mathbf{Q}_3$, ce qui donne alors :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (11.8)$$

Généralité

■ Si on a n condensateurs différents, la capacité équivalentes C_{eq} sera telle que :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^{n} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n} \qquad (11.9)$$

■ Si les n condensateurs sont identiques et de capacité C_0 chacune, on a :

$$C_{eq} = \frac{C_0}{n} \qquad (11.10)$$

1.6 Les types de condensateur et leurs applications

1.6.1. Les applications des condensateurs

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.

Outre les utilisation citées ci-dessus, on peut aussi utiliser les condensateurs comme :

- **stockeurs** d'énergie,
- **régulateurs de tension** d'une alimentation stabilisée (*condensateur de filtrage*),
- **liaisons** entre deux étages d'un amplificateur en les isolant en courant continu et en les mettant en communication en courant alternatif,
- **correcteurs du facteur de puissance**, permettant par exemple un transport plus économique du courant alternatif

1.6.2. Divers types de condensateurs

Les condensateurs plans 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.

On distingue aussi :

- les condensateurs **électroniques** au sein desquels, les deux armatures sont en aluminium. L'une d'elles est recouverte d'une très mince couche d'alumine qui constitué le diélectrique
- les condensateurs au**papier** qui se comporte comme un condensateur plan
- les condensateurs à **film plastique**
- les condensateurs **variables à lame d'air** que l'on retrouve dans les radio-communication

Figure 11.7 : Les types de condensateurs

Jeu bilingue

Français	Anglais	Français	Anglais
Condensateur	**Capacitor**	Tension de service	Operating voltage
Tension de rupture	Breaking voltage	Condensateur variable	Variable capacitor
Régulateur de tension	Voltage régulator	Film plastique	Plastic film