



## TITRE DE LA LEÇON : LE CONDENSATEUR

### I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre d'une enquête découverte, un groupe d'élèves de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne Yopougon Andokoi effectue des recherches sur des condensateurs, éléments électroniques se trouvant dans des appareils électroménagers tels que TV, Radio... Surpris par la diversité des formes et le nombre important de ces éléments à l'intérieur des appareils, les élèves décident, sous la conduite de leur professeur, de s'informer sur les condensateurs, d'établir les lois d'association puis de calculer l'énergie stockée par un condensateur.

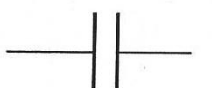
### II. CONTENU DE LA LEÇON

#### 1. Généralités

##### 1.1. Définition

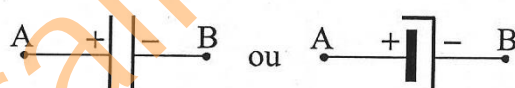
Un condensateur est un ensemble de deux conducteurs dont les surfaces en regard sont proches et séparées par un isolant appelé **diélectrique**. Le diélectrique peut être de l'air.

##### 1.2. Symbole de différents types de condensateur



Condensateur

non polarisé



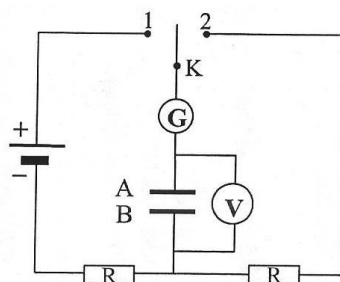
Condensateur polarisé

(Condensateur électrochimique)

Condensateur à  
capacité variable

#### 2. Charge et décharge d'un condensateur

##### 2.1. Dispositif expérimental



Le générateur utilisé a une tension normale 6V.

## 2.2. Charge du condensateur : K en position 1

### 2.2.1. Observations

- L'aiguille du galvanomètre dévie vers la droite et revient à sa position initiale ;
- La tension aux bornes du condensateur passe de 0 à la valeur 6 V.

### 2.2.2. Interprétations

Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre indique le passage d'un **courant transitoire** d'intensité **i positive ( $i > 0$ )**, qui circule de la borne positive du générateur vers la borne A du condensateur, appelé **courant de charge**. Des électrons quittent alors l'armature A qui se charge positivement ( $Q_A$ ) et arrivent sur l'armature B qui se charge négativement ( $Q_B$ ).

La tension aux bornes du condensateur reste constante (6 V) : le condensateur est dit **chargé**.

### 2.2.3. Conclusion

Les charges électriques portées par les armatures A et B d'un condensateur chargé sont de signes opposés et égales en valeur absolue ( $Q_A = -Q_B$ ).

## 2.3. Décharge du condensateur : K en position 2

### 2.3.1. Observations

- L'aiguille du galvanomètre dévie maintenant vers la gauche et revient à sa position initiale ;
- La tension aux bornes du condensateur passe de 6 V à la valeur 0.

### 2.3.2. Interprétations

Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre indique le passage d'un **courant transitoire** d'intensité **i négative ( $i < 0$ )**, à l'extérieur du condensateur le courant circule de la borne A vers la borne B du condensateur. appelé courant de décharge. Les électrons décrivent un mouvement inverse au cas précédent et les armatures redeviennent neutres ( $Q_A = Q_B = 0$ ).

La tension aux bornes du condensateur devient nulle (0 V) : le condensateur est dit **déchargé**.

### 2.3.3. Conclusion

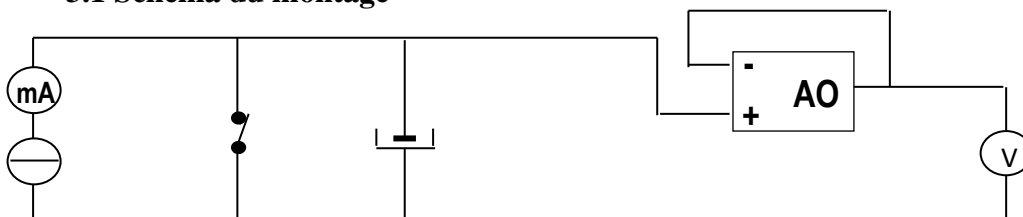
Un condensateur peut accumuler des charges ou les restituer. On appelle **charge** d'un condensateur la **quantité d'électricité** portée par **l'armature positive** :

$$Q = Q_A = -Q_B$$

Lors de la charge (ou de la décharge) du condensateur on observe un courant transitoire qui s'annule lorsque le condensateur est chargé (ou déchargé).

## 3. Capacité d'un condensateur

### 3.1 Schéma du montage



### 3.2. Résultats

Tableau des mesures

t (s)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
U <sub>c</sub> (V)	0	0,90	1,80	2,75	3,65	4,50	5,40	6,20	7,10	7,90	8,75
q <sub>A</sub> = I. t (mC)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

$$I = 0,05\text{mA}$$

#### Tracé de la courbe q<sub>A</sub> = f (U<sub>c</sub>)



### 3.3. Exploitation

q = f (U<sub>c</sub>) est une droite passant par l'origine. Son équation est de la forme q = C.U<sub>c</sub> où C représente le coefficient directeur de la droite.

$$C = \frac{\Delta q_A}{\Delta U_c} = 0,56 \text{ mF}$$

C est appelée la capacité du condensateur. Elle s'exprime en **farads** (F)

**Remarque** : On utilise généralement les sous multiples du farad :

- le millifarad 1 mF = 10<sup>-3</sup> F)
- le microfarad (1 μF = 1.10<sup>-6</sup> F)
- Le nanofarad (1nF = 10<sup>-9</sup> F)

Le picofarad (1pF = 10<sup>-12</sup> F)

### 3.4 Conclusion

La charge Q d'un condensateur est proportionnelle à tout instant à la tension U à ses bornes, le coefficient de proportionnalité est la capacité C du condensateur.

$$\boxed{Q = C \cdot U} \quad \text{ou} \quad \boxed{U = \frac{Q}{C}}$$

(C) (F) (V)

**Remarque** : La relation est valable lors de la charge comme de la décharge.

### Activité d'application

La charge  $Q$  d'un condensateur est égale à  $10^{-7}$  C lorsqu'il est soumis à une tension  $U = 20$  V. Calcule sa capacité.

### Solution

$$Q = CU ; \text{ donc } C = Q/U = 10^{-7}/20 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 5\text{nF}$$

### 3.5 Capacité d'un condensateur plan

#### a) Définition

Un condensateur est dit plan lorsque ses armatures sont planes et séparées par un diélectrique en général l'air.

#### b) Capacité

La capacité d'un condensateur plan est donnée par la relation suivante :

- Si le diélectrique est le vide :

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \epsilon_0 : \text{permittivité du vide ou} \\ \text{constante diélectrique} \\ S : \text{surface de l'armature (m}^2\text{)} \\ d : \text{épaisseur du diélectrique ou distance} \\ \text{séparant les armatures} \end{cases}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} = 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$$

- Si le diélectrique est quelconque

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \\ \epsilon : \text{permittivité du milieu} \\ \epsilon_r : \text{permittivité relative du vide} \end{cases}$$

### 4. Limite d'utilisation d'un condensateur

#### 4.1 Tension nominale

C'est la tension supportable par le condensateur. Elle permet un fonctionnement adéquat du condensateur.

#### 4.2 Tension de claquage

C'est la tension limite au-delà de laquelle, le condensateur est détruit. Le diélectrique perd ainsi son caractère d'isolant.

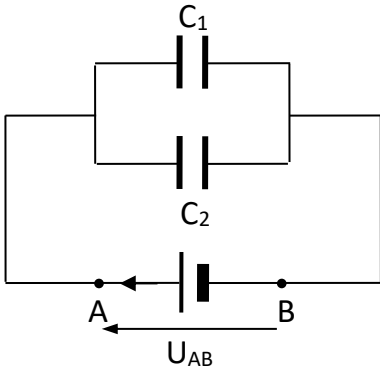
#### 4.3 Champ disruptif

Le champ disruptif est le champ électrostatique au-delà duquel le diélectrique perd son caractère isolant. Ce champ n'est pas supportable par le condensateur.

$$E_d = \frac{U_c}{d} \quad \text{Avec } U_c : \text{ tension de claquage et d'épaisseur du diélectrique.}$$

## 5. Association de condensateurs

### 5.1. Association en parallèle



$$\text{On a : } Q_1 = C_1 U_{AB} \quad \text{et} \quad Q_2 = C_2 U_{AB}$$

Le condensateur équivalent ( $C_{\text{éq}}$ ) porte la charge  $Q$  telle que :

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 U_{AB} + C_2 U_{AB} = (C_1 + C_2) U_{AB}$$

$$\text{or } Q = C_{\text{éq}} U_{AB} \Rightarrow C_{\text{éq}} = C_1 + C_2$$

Pour  $n$  condensateurs en dérivation, on a : 
$$C_{\text{éq}} = \sum_i^n C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

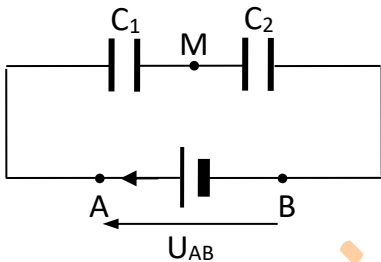
### Activité d'application

Deux condensateurs de capacités respectives  $C_1 = 0,10 \mu\text{F}$  et  $C_2 = 0,60 \mu\text{F}$  sont montés en parallèle. Calcule la capacité  $C$  du condensateur équivalent.

### Solution

$$C = C_1 + C_2 = 0,7 \mu\text{F}$$

### 5.2. Association en série



$$\text{On a : } U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

Circuit série  $\Rightarrow I = \text{cte}$  d'où  $Q_1 = Q_2$

$$\Rightarrow U_{AB} = Q_1 \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

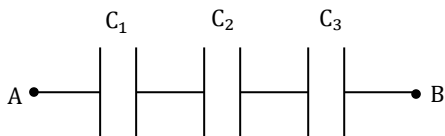
Le condensateur équivalent ( $C_{\text{éq}}$ ) porte la charge  $Q$  : 
$$U_{AB} = \frac{Q}{C_{\text{éq}}}$$

$$\text{comme } Q = Q_1 = Q_2 \Rightarrow \frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{soit} \quad C_{\text{éq}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Pour  $n$  condensateurs en série, on a : 
$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \sum_i^n \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

### Activité d'application

Tu considères cette association de condensateurs ci-dessous.



Donne l'expression de la capacité équivalente C du condensateur équivalent aux trois condensateurs de capacité C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>.

$$C_1 = 2\mu F ; C_2 = 0,5\mu F ; C_3 = 1,5\mu F$$

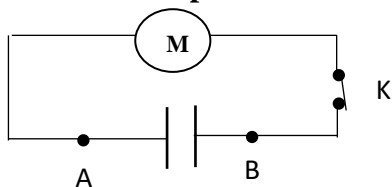
### Solution

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$C = 0,31 \mu F$$

### 4.1. Energie emmagasinée dans un condensateur

#### 4.1. Mise en évidence expérimentale



Condensateur initialement chargé

Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, le moteur se met en marche. Il reçoit donc de l'énergie provenant du condensateur chargé : Un condensateur chargé emmagasine de l'énergie.

#### 4.2. Expression de l'énergie emmagasinée dans un condensateur

L'énergie stockée dans un condensateur chargé de capacité C et de charge Q est donnée par L'expression :

$$E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

Annotations: 'joule (J)' points to the left side of the equation; 'coulomb (C)' points to the Q term; 'farad (F)' points to the C term.

$$\text{Comme } Q = CU \implies E = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2$$

### Activité d'application

Tu as utilisé un condensateur de capacité C = 2200 μF pour emmagasiner une énergie électrique E = 58,19 J.

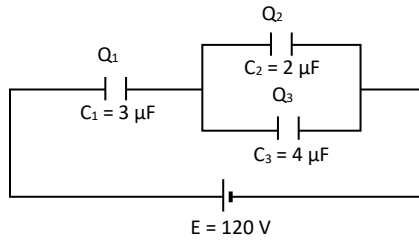
Détermine la valeur de la tension U aux bornes du condensateur.

### Solution

$$E = \frac{1}{2} CU^2 \implies U = \sqrt{\frac{2E}{C}} = 230 \text{ V}$$

## SITUATION D'ÉVALUATION

Lors d'une évaluation de rattrapage, ton professeur de physique- chimie te soumet le circuit ci-dessous :



Il te demande de déterminer la charge équivalente de l'association des trois condensateurs.

1. Exprime la capacité équivalente de l'association :
  - 1.1. des condensateurs  $C_2$  et  $C_3$ . montés en dérivation.
  - 1.2. des trois condensateurs ( $C_1$  ;  $C_2$  et  $C_3$ )..
2. Calcule la valeur numérique de la capacité équivalente de l'association des trois condensateurs.
3. Détermine l'expression de la charge équivalente de l'association des trois condensateurs en fonction de  $C_1$  ;  $C_2$  ;  $C_3$  et  $E$  et calcule sa valeur numérique
4. Détermine l'expression de l'énergie stockée dans le condensateur équivalent de l'association des trois condensateurs en fonction de  $C_1$  ;  $C_2$  ;  $C_3$  et  $E$  et calcule sa valeur numérique.

### Solution

1

$$1.1\ C' = C_2 + C_3$$

$$1.2\ C = \frac{C_1(C_2+C_3)}{C_1+C_2+C_3}$$

$$2.\ C = 2\ \mu\text{F}$$

$$3.\ q = C \cdot E$$

$$= \left( \frac{C_1(C_2+C_3)}{C_1+C_2+C_3} \right) \cdot E ;$$

$$q = 2,4 \cdot 10^{-4}\text{ C}$$

$$4.\ W = \frac{1}{2} C \cdot E^2$$

$$= \frac{1}{2} \left( \frac{C_1(C_2+C_3)}{C_1+C_2+C_3} \right) E^2 ;$$

$$W = 1,44 \cdot 10^{-2}\text{ C}$$

## III. EXERCICES

### Exercice 1

Un condensateur de capacité  $C$ , chargé sous une tension

$U = 5\text{ V}$  porte une charge électrique de  $q = 0,5\ \mu\text{C}$ . Exprime et calcule  $C$ .

### Solution

$$q = C U \Rightarrow C = \frac{q}{U} = 0,1\ \mu\text{F}$$

### Exercice 2

Un condensateur de capacité  $C = 2,2\ \mu\text{F}$  est chargé à courant constant  $I_0 = 5,5\text{ mA}$  pendant  $20\text{ ms}$ .

1. Exprime et calcule la charge du condensateur.
2. Détermine la tension aux bornes de ce condensateur.

### Solution

$$1.\ q = I_0 \Delta t = 11\ \mu\text{C} ;$$

$$2.\ U = \frac{q}{C} = 5\text{ V}$$

### Exercice 3

La tension électrique aux bornes d'un condensateur de charge vaut  $10^{-7}C$  est 20 V.  
Calcule la capacité électrique du condensateur.

### Solution

$$q = C U \Rightarrow$$
$$C = \frac{q}{U} = 5 \text{ nF}$$

### Exercice 4

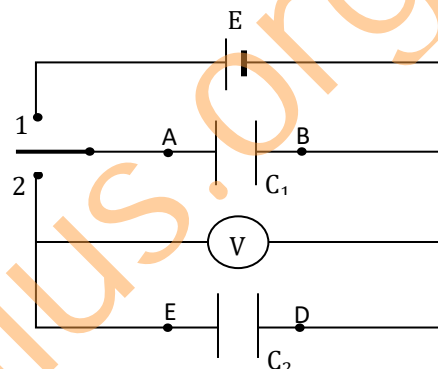
Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur de physique-chimie met à la disposition de chaque groupe les éléments électriques suivants :

- un générateur de force électromotrice  $E = 6 \text{ V}$  ;
- un condensateur de capacité  $C_1 = 47 \mu\text{F}$  ;
- un condensateur de capacité  $C_2 = 33 \mu\text{F}$  ;
- un voltmètre ;
- un interrupteur.
- Des fils conducteurs.

Vous réalisez le montage ci-contre.

Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  sont initialement déchargés.

Tu es désigné par ton groupe pour étudier



L'énergie stockée par les condensateurs

1. K en position 1.
  - 1.1 Dis si  $C_1$  se charge ou se décharge.
  - 1.2 Calcule à l'équilibre:
    - 1.2.1 la charge  $q_A = q_0$  portée par l'armature A.
    - 1.2.2 l'énergie électrique emmagasinée dans  $C_1$ .
2. K en position 2.
  - 2.1 Décris le mouvement des électrons à l'aide d'un schéma.
  - 2.2 Calcule :
    - 2.2.1 la charge portée à l'équilibre par chaque armature de  $C_1$  et  $C_2$ .
    - 2.2.2 la tension indiquée par le voltmètre.
3. Calcule l'énergie électrique emmagasinée dans les condensateurs et compare la avec l'énergie initiale de  $C_1$  puis Conclue.

### Solution

1.1 Le condensateur se charge.

1.2 .1 L'armature A porte la charge :

$$q_0 = C_1 U_{AB} = C_1 \times E = 5,64 \cdot 10^{-4} \text{ C.}$$

1.2.2 L'énergie emmagasinée est :

$$W_0 = \frac{1}{2} C_1 E^2 = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$$

2. 1/2.2 Les électrons initialement portés par l'armature B se répartissent sur les armatures B et D. Dans le même temps, des électrons partent de E pour se diriger vers A, de façon qu'à chaque instant on ait

$$q_A = -q_B.$$

On pourrait également raisonner sur les charges positives, en partant de l'armature A.

A l'équilibre, la répartition est telle que:



$q_A = -q_B$  et  $q_E = -q_D$  (propriétés des condensateurs);

$q_A + q_E = q_0$  (Conservation de la charge de l'ensemble formé par les armatures A et E électriquement isolé);

$q_A = C_1 U_{AB}$  et  $q_E = C_2 U_{ED}$  : soit,  $U_{AB} = U_{ED}$  tension commune  $U$  aux bornes des deux condensateurs et mesurée par le voltmètre :  $\frac{q_A}{C_1} = \frac{q_E}{C_2}$

De ces diverses relations, nous tirons :

$$q_A = -q_B = q_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 3,314 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

$$q_E = -q_D = q_0 \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 2,326 \cdot 10^{-4} \text{ C}$$

2.2.2 La tension indiquée par le voltmètre est égale à :

$$U = U_{AB} = \frac{q_A}{C_1} = 7,05 \text{ V}$$

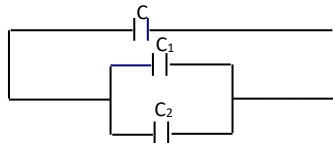
3. L'énergie électrique finale emmagasinée dans les deux condensateurs est égale à :

$$W_t = \frac{1}{2} C_1 U^2 + \frac{1}{2} C_2 U^2 = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) U^2 = 2,10 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

Nous constatons que l'énergie électrique a diminué. Cette différence d'énergie correspond à une dissipation, sous forme d'effet Joule, dans les fils de jonction.

### Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur met  $\Delta t = 0,1 \text{ ms}$  pour charger un condensateur de capacité  $C$ , avec un générateur de f.é.m.  $E = 100 \text{ V}$  qui débite un courant d'intensité  $I_0 = 5 \text{ A}$ . Le condensateur totalement chargé est déconnecté et monté ensuite aux bornes de deux autres condensateurs de capacité  $C_1$  et  $C_2$  totalement déchargés (voir figure).



Le professeur demande à ton groupe de calculer l'énergie portée par tous les condensateurs à l'équilibre. Tu es choisi pour rédiger le compte rendu.

Donnée :  $C_2 = 2 \mu\text{F}$

1. Exprime :

1.1 la charge  $q_0$  du condensateur, calcule sa valeur et déduis- en la capacité  $C$  du condensateur.

1.2 la capacité équivalente  $C'$  à l'association de  $C_1$  et  $C_2$ .

1.3 la nouvelle charge  $q$  du condensateur en fonction de  $q_0$  et calcule  $q'$  celle du condensateur équivalent à  $C_1$  et  $C_2$ .

2. Détermine les tensions aux bornes du condensateur  $C$ , aux bornes de  $C'$  et aux bornes de chacun des condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ .

3. Calcule la capacité  $C'$  et déduis- en la valeur de la capacité  $C_1$ .

4. Calcule :

4.1 la charge portée par chacun des condensateurs  $C_1$  et  $C_2$ .

4.2 l'énergie portée par tous les condensateurs.

### **Solution**

1.

1.1  $q_0 = I \Delta t = 5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  ;  $C = \frac{q_0}{U} = 5 \mu\text{F}$  ;

1.2  $C' = C_1 + C_2$

1.3 D'après le principe de la conservation de charge,  $q + q' = q_0$  or  $q = q' \Rightarrow q = q' = \frac{q_0}{2} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

2.  $U_C = U_{C'} = U_{C_1} = U_{C_2} = \frac{q}{C} = 50 \text{ V}$  car les condensateurs sont en parallèle.

3.  $C' = \frac{q'}{U_{C'}} = 5 \mu\text{F}$  ;  $C_1 = C' - C_2 = 3 \mu\text{F}$ .

4.

$$4.1 \quad q_1 = C_1 U_{C_1} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ C} ; \quad q_2 = C_2 U_{C_2} = 10^{-4} \text{ C}$$

$$4.2 \quad W = \frac{1}{2} (C' + C) U_C^2 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

#### **IV. DOCUMENTATION**

### **Quel est le rôle d'un condensateur dans un circuit électrique ?**

Vous avez peut-être déjà entendu parler d'un composant électronique nommé condensateur. Depuis les débuts de l'électronique, il a fallu faire face à un nombre incroyable de difficultés. Il fallait principalement stabiliser les courants de faible puissance, c'est justement le rôle du condensateur dans un circuit électrique.

De nos jours dans tous les circuits électroniques, les condensateurs sont partout. Par exemple, on en trouve dans votre ordinateur personnel, votre télévision ou vos appareils électroménagers. Les plus courants sont cylindriques. Ils sont équipés de deux pattes en métal pour le raccordement. Il existe aussi des condensateurs miniatures de forme carrée ou rectangulaire installée sur une carte électronique.

### **À quoi sert un condensateur électrique ?**

Dans un circuit électrique, ou électronique, le rôle du condensateur est varié. Dans un premier temps, il est utilisé pour stabiliser les alimentations électriques. Comme il est capable d'emmagasiner de l'énergie sur un certain laps de temps, puis de la restituer, il va permettre de lisser les fluctuations dans une alimentation.

Parlons rapidement des alimentations dans les circuits électroniques. Pour les puces comme les microprocesseurs ou les fonctions mémoire, il est primordial d'avoir des alimentations précises et stables.

Il faut pouvoir générer une alimentation de 3,3 V qui ne varie que de 0,1 volt maximum. Il est aussi fréquent d'avoir besoin d'une alimentation de 5 V ou de 12 V.

Toutes ces alimentations et ses précisions sont atteignables uniquement par la qualité et la fiabilité des condensateurs qui sont intégrés dans les circuits électroniques. Le rôle du condensateur est indispensable dans un circuit électrique qui nécessite une grande précision.

On en retrouve partout, ils sont même présents dans vos radiateurs électriques, surtout dans les radiateurs à panneaux rayonnants.

### **Les autres fonctions d'un condensateur électrique**

Parmi les autres rôles d'un condensateur électrique on retrouve aussi une notion de filtrage du signal. Par exemple, pour transmettre un signal audio ou vidéo, celui-ci doit être dépourvu de parasite. Dans le cas contraire, l'enceinte se mettrait à crépiter ou vous pourriez entendre un souffle. Dans le cas de la vidéo, il y aurait des perturbations de l'image. Il apparaîtrait des artéfacts qui dénatureraient l'image originale.

Bien d'autres signaux ont besoin d'être filtrés, c'est le cas du réseau ADSL, des transmissions Bluetooth et Wifi et même de votre réseau GSM.

Dans tous ces cas, c'est l'utilisation des condensateurs, et de leurs propriétés d'absorption, qui permet de filtrer le signal. Un signal filtré contiendra uniquement les informations nécessaires. Le récepteur est alors capable d'identifier ces informations et ne sera pas perturbé par les parasites.

Tout cela permet d'augmenter la qualité de la transmission ainsi que les débits des connexions.

Dans quelque cas spécifique d'appareils et qui nécessite un fort courant au démarrage, on utilise des condensateurs. À moteur électrique consomme un fort courant à l'instant de son démarrage. Pendant quelques millisecondes il lui faudra une énergie bien plus importante que celle nécessaire à son fonctionnement de manière continue.

D'ailleurs, si vous regardez les fusibles qui protègent les circuits qui alimentent ses moteurs, vous verrez qu'il s'agit de fusibles spécifiques (notée aM), qui sont étudiés pour encaisser plus de courant.



Pour fournir cette puissance, on utilise des condensateurs. Il s'agit alors de charger une batterie condensateur puis d'utiliser toute cette énergie emmagasinée pour la décharger en un temps très court et permettre l'allumage du moteur.

Vous pourriez rencontrer ce type de fonctionnement sur une machine à laver ou un sèche-linge