Chapitre 3 - Bobines et condensateurs

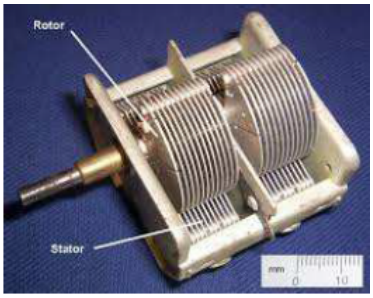
Objectifs du chapitre

Les résistances, d'après la loi de Joule, dissipent sous forme de transfert thermique toute l'énergie électrique qu'elles reçoivent.
Dans ce chapitre, nous allons présenter les propriétés de deux dipôles susceptibles d'emmagasiner l'énergie électrique qu'ils reçoivent, pour éventuellement la restituer au circuit ultérieurement. Cette propriété des bobines et condensateurs leur confère une grande importance pratique.

I. Le condensateur

1. Description

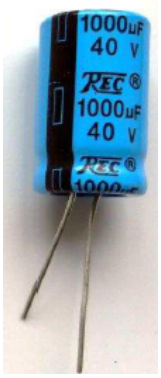
Un condensateur est constitué de deux armatures conductrices (métal) séparées par un isolant (air, papier, verre,. . .).



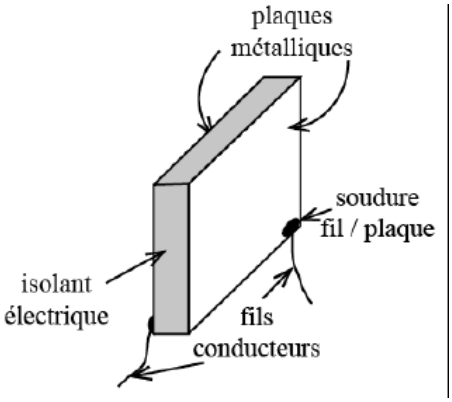
condensateur à air



condensateur 47 nF



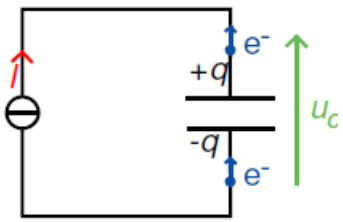
condensateur 1 mF



schéma

2. Capacité d'un condensateur

On branche un condensateur aux bornes d'un générateur de courant constant I. Celui-ci entraîne une accumulation d'électrons sur l'armature inférieure, qui se charge donc négativement (-q à la date t). Corrélativement, le déplacement d'électrons vers la borne positive du générateur se traduit par une charge positive symétrique de l'armature supérieure (+q à la date t).
Plus le condensateur se charge, plus la tension uc à ses bornes augmente. La relation s'avère proportionnelle.



Graphe $q(u_c)$

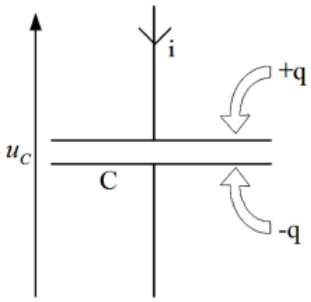
On appelle **capacité**, le coefficient de proportionnalité entre q et u_C. Elle s'exprimme en **Farad** (F).

$$q = C \cdot u_c$$

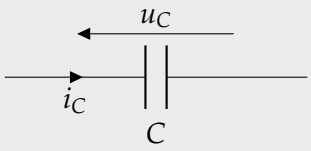
q en Coulomb, C en F, u_c en V

3. Courant de charge

Démonstration

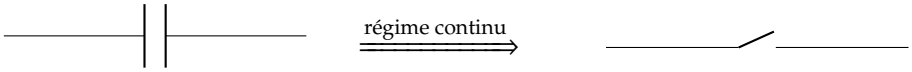


En convention récepteur,



$$i_C = C \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$$

Lorsque le circuit est en **régime continu**, la tension aux bornes du condensateur ne varie plus, $\frac{\mathrm{d}u_c}{\mathrm{d}t} = 0 \Rightarrow i_C = 0$.
Le condensateur est alors équivalent à un interrupteur ouvert.



Etude énergétique

L'énergie électrique absorbée par le condensateur n'est pas dissipée. Elle est emmagasinée dans celui-ci sous forme d'énergie potentielle électrostatique, susceptible d'être restituée ensuite au circuit électrique.

Energie électrostatique emmagasinée par un condensateur :

$$\mathcal{E}_C = \frac{1}{2} C u_c^2$$

Démonstration

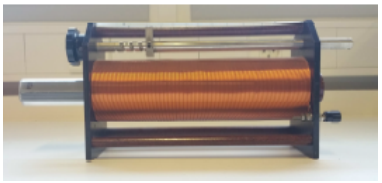
Le stockage ou le déstockage de l'énergie ne peuvent jamais s'effectuer instantanément (la vitesse de déplacement des électrons étant limitée à la célérité de la lumière, en mécanique relativiste). Ainsi l'énergie potentielle électrostatique est une grandeur continue. Donc la tension aux bornes d'un condensateur n'est jamais discontinue.

La tension aux bornes d'un condensateur ne peut pas subir de discontinuité.

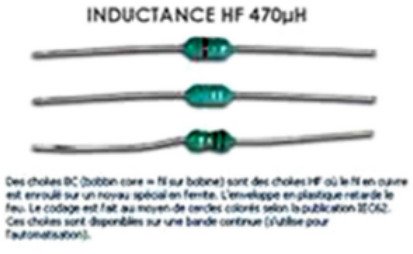
II. Bobine

1. Description

Une bobine est constituée d'un enroulement de fil conducteur éventuellement autour d'un noyau en matériau ferromagnétique qui peut être un assemblage de feuilles de tôle ou un bloc de ferrite (céramique ferromagnétique).



Solénoïde de laboratoire

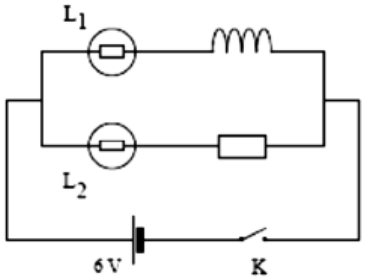


Bobines 470 μH pour circuits électroniques



Transformateur (2 bobines)

2. Inductance d'une bobine



Décrivons la petite expérience ci-contre. Les deux ampoules (L_1) et (L_2) sont identiques. (L_1) est en série avec une bobine dont la résistance vaut R. On place (L_2) en série avec une résistance de même valeur R.

Observations : On ferme l'interrupteur K. L'ampoule (L_1) s'allume après (L_2). Une fois allumées, les deux ampoules brillent d'un même éclat.
Plus la fermeture du circuit est rapide, plus le retard à l'allumage est grand.

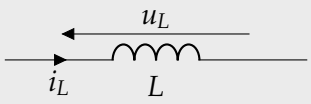
Interprétations : L'établissement du courant n'est pas instantané dans la branche avec la bobine. Il y a, au sein de la bobine, création d'une force electromotrice e qui s'oppose à l'établissement du couant. Cette f.e.m. s'oppose au courant et est propotionnelle à la dérivée de i par rapport au temps (plus la variation du courant est rapide, plus le retard à l'allumage est grand).
Le cooefficient de proportionnalité est appelé **inductance** de la bobine. Elle est exprimée en **Henry** (H).
On a : $e = -L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$

La bobine est aussi le siège d'un phénomène résistif (dissipation de l'énergie électrique sous forme de chaleur dans les bobinages).

On modélise donc la bobine par l'association en série d'une résistance interne r et d'une f.e.m $e = -L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ (convention générateur).



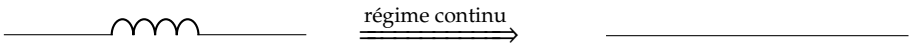
En convention récepteur, pour une bobine parfaite (r=0)



$$u_L = +L\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t}$$

u_L en V, L en H, i_L en A

Lorsque le circuit est en **régime continu**, l'intensité qui traverse la bobine ne varie plus, $\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t} = 0 \Rightarrow u_L = 0$. La bobine est alors équivalente à un fil



Etude énergétique

L'énergie électrique absorbée par la bobine idéale n'est pas dissipée. Elle est emmagasinée dans celle-ci sous forme d'énergie potentielle magnétique, susceptible d'être restituée ensuite au circuit électrique.

Energie magnétique emmagasinée par une bobine :

$$\mathcal{E}_L = \frac{1}{2} L\, i_L^2$$

La démonstration est la même que pour l'énergie emmagasinée dans un condensateur (vous pouvez la faire).

L'énergie magnétique est une grandeur continue. Ainsi l'intensité traversant ne bobine est nécessairement continue.

L'intensité traversant une bobine ne peut subir de discontinuité.