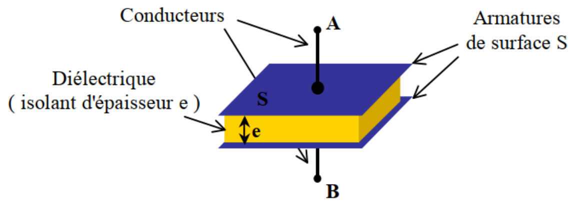
Stocker de l'énergie sous forme électrique

Le condensateur

Un condensateur est constitué de deux armatures métalliques séparées par un matériau diélectrique, isolant.

Il s'agit du seul dispositif susceptible de stocker de l'énergie sous forme électrique.

Lors de sa charge, un courant électrique vers l'une des armatures, et depuis l'autre, mais rien ne circule entre les armatures. Par conséquent, des charges s'accumulent sur les armatures, et une tension électrique apparaît :



$$u_C = \frac{q}{C}$$

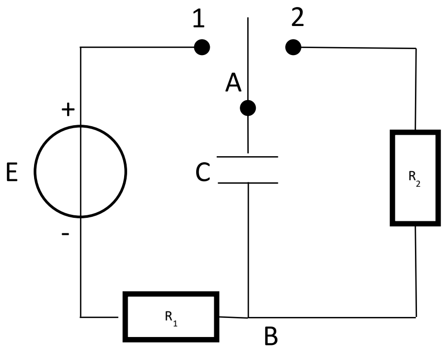
C est la capacité du condensateur, mesurée en Farads (F). Sa valeur dépend des caractéristiques physiques du condensateur (surface des armatures, distance entre les armatures, nature du matériau diélectrique).

Rq : Généralement, la capacité d'un condensateur est de l'ordre de quelques microfarads.

L'énergie emmagasinée par un condensateur dépend de sa capacité et de la tension entre les armatures :

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

Étude d'un circuit RC



Le condensateur est initialement déchargé : $q(0) = 0\,C$; $u_C(0) = 0\,V$

1. Charge du condensateur

On place l'interrupteur en position 1.

a. Équation

Les dipôles sont en série. On peut donc appliquer la loi des mailles :

$$u_G = u_{R_1} + u_C \Rightarrow E = R_1 i + \frac{q}{C} \Rightarrow E = R_1 \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow \boldsymbol{\frac{dq}{dt} + \frac{1}{R_1 C} q = \frac{E}{R_1}}$$

b. Évolution de la charge

Solution particulière : $\frac{dq}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{R_1 C} q_{part} = \frac{E}{R_1} \Rightarrow q_{part} = CE$

Solution de l'équation sans second membre : $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{R_1 C} q = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{R_1 C} q \Rightarrow \frac{1}{q} dq = -\frac{1}{R_1 C} dt$

$$\Rightarrow \int \frac{1}{q}dq = \int -\frac{1}{R_1C}dt \Rightarrow \ln q_{ESSM} = -\frac{1}{R_1C}t + K \Rightarrow q_{ESSM} = Ae^{-\frac{t}{R_1C}}$$

Solution générale : $q(t) = q_{part} + q_{ESSM} = CE + Ae^{-\frac{t}{R_1C}}$

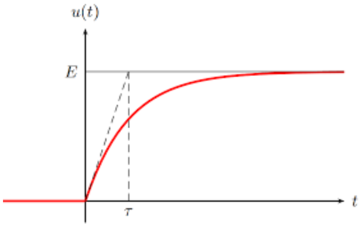
Détermination de la constante A :

A l'état initial, la charge du condensateur est nulle.

$$q(0) = 0 = CE + Ae^{-\frac{0}{R_1C}} = CE + A \Rightarrow A = -CE \Rightarrow \boldsymbol{q(t) = CE\left(1 - e^{-\frac{t}{R_1C}}\right)}$$

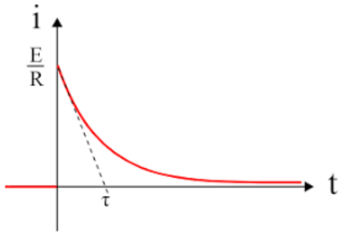
$\tau = RC$ est la constante de temps du circuit. Plus sa valeur est faible, plus la durée de charge/décharge du circuit est rapide.

Rq : On considère qu'au bout d'une durée égale à 5t, la charge/décharge du condensateur est effective.



c. Évolution de la tension

$$\boldsymbol{u_C(t) = \frac{q(t)}{C} = E\left(1 - e^{-\frac{t}{R_1C}}\right)}$$



d. Évolution de l'intensité du courant

$$\boldsymbol{i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R_1}e^{-\frac{t}{R_1C}}}$$

2. Décharge du condensateur

On bascule l'interrupteur en position 2

a. Équation

Les dipôles sont en série. On peut donc appliquer la loi des mailles :

$$u_G = u_{R_1} + u_C \Rightarrow 0 = R_1 i + \frac{q}{C} \Rightarrow 0 = R_1\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} \Rightarrow \boldsymbol{\frac{dq}{dt} + \frac{1}{R_2C}q = 0}$$

b. Évolution de la charge

Solution particulière : $\frac{dq}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{R_2C}q_{part} = 0 \Rightarrow q_{part} = 0$

Solution de l'équation sans second membre : $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{R_2C}q = 0 \Rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{R_2C}q \Rightarrow \frac{1}{q}dq = -\frac{1}{R_2C}dt$

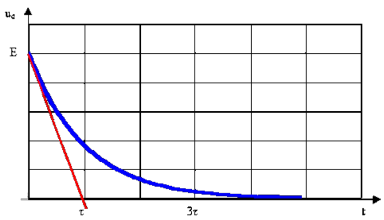
$$\Rightarrow \int \frac{1}{q}dq = \int -\frac{1}{R_2C}dt \Rightarrow \ln q_{ESSM} = -\frac{1}{R_2C}t + K \Rightarrow q_{ESSM} = Ae^{-\frac{t}{R_2C}}$$

Solution générale : $q(t) = q_{part} + q_{ESSM} = Ae^{-\frac{t}{R_2C}}$

Détermination de la constante A :

A l'état initial, la charge du condensateur est égale à CE.

$$q(0) = CE = Ae^{-\frac{0}{R_2C}} = A \Rightarrow A = CE \Rightarrow q(t) = CEe^{-\frac{t}{R_2C}}$$



c. Évolution de la tension

$$u_C(t) = \frac{q(t)}{C} = E\left(1 - e^{-\frac{t}{R_2C}}\right)$$

d. Évolution de l'intensité du courant

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R_1}e^{-\frac{t}{R_2C}}$$