

Le condensateur : principe, charge, établissement de la tension

1 - Constitution

Un condensateur est constitué dans son principe par 2 surfaces conductrices (les armatures), "assez grandes", séparées par un isolant de "faible" épaisseur. La nature de l'isolant peut imposer de respecter une polarité + et - . Le symbole du condensateur rappelle sa constitution :



Lorsqu'on essaie de faire passer du courant en reliant les 2 bornes d'un générateur à chacune des 2 armatures, on constate que des charges négatives $-q$ (électrons) s'accumulent sur l'armature reliée au pôle moins du générateur et que l'autre armature prend une charge opposée $+q$ positive du fait du départ d'électrons en direction du pôle plus du générateur.

On constate également qu'une tension U apparaît aux bornes du condensateur, proportionnelle à la charge q . Le coefficient de proportionnalité C est appelé la capacité du condensateur, mesurée en farad (symbole F). La charge q est mesurée en coulomb (symbole C) et la tension U en volt :

$$q = C \times U \quad (1)$$

Par ailleurs, l'intensité I qui circule pendant que la charge q du condensateur augmente est la vitesse à laquelle la charge augmente, c'est à dire sa dérivée par rapport au temps :

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

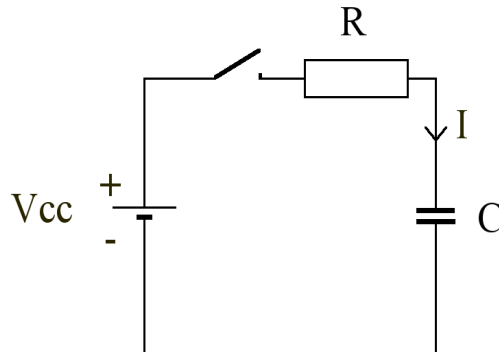
On peut voir dq comme une très petite variation de la charge q qui a lieu pendant la durée dt , également très petite.

On en déduit la relation entre l'intensité I fonction du temps et la tension U fonction du temps :

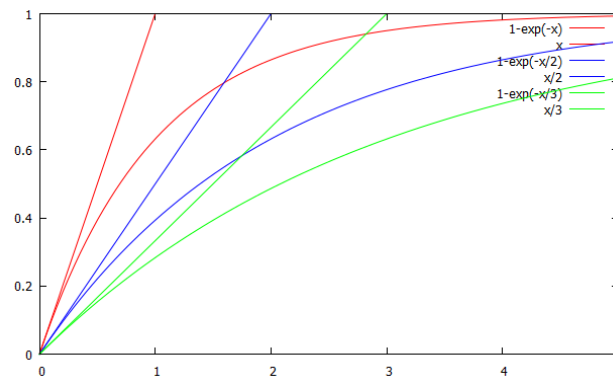
$$I = C \times \frac{dU}{dt} \quad (3)$$

obtenue en dérivant la relation (1) par rapport au temps : si une intensité I circule, la tension U aux bornes du condensateur varie. Inversement, un courant ne circule dans le condensateur que si la tension à ses bornes varie.

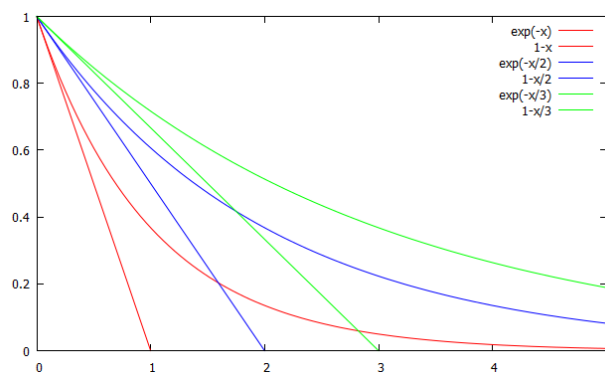
2 - Circuit RC série - Constante de temps



Un circuit comportant un condensateur de capacité C et une résistance R en série est caractérisé par une constante de temps $\tau = R \times C$, accessible à la mesure. Une situation réaliste dans laquelle $C = 100\mu F$ (100 microfarads) et $R = 300k\Omega$ (300 kilohms) conduit à une constante de temps $\tau = 30$ secondes. La charge q suit une loi exponentielle croissante en fonction du temps proportionnelle à $f(t) = 1 - \exp(-\frac{t}{\tau})$, ainsi que la tension U aux bornes du condensateur (3 valeurs de τ ont été utilisées dans la figure suivante : 1 s, 2 s et 3 s) :



L'intensité I suit une loi exponentielle de sens opposé (décroissante) proportionnelle à $f(t) = \exp(-\frac{t}{\tau})$:



On peut considérer qu'après $t \geq 5\tau$, la grandeur n'évolue plus. On voit également la relation entre la constante de temps τ et la tangente à la courbe pour $t = 0$ s. Plus τ est grand, plus l'évolution est lente et dure longtemps.

Lorsque la constante de temps τ est de l'ordre de plusieurs secondes, une mesure de la tension avec un voltmètre et un chronomètre est possible.

Lorsque la constante de temps est plus faible, une variante du circuit précédent utilise un générateur de fonction à la place de l'alimentation continue et de l'interrupteur pour obtenir une tension en créneau périodique qui vaut U_1 pendant une demi-période $T/2$ puis U_2 pendant la demi-période suivante $T/2$. La durée $T/2$ doit être choisie légèrement supérieure à 5τ pour voir l'évolution périodique sur un oscilloscope. La tension aux bornes du condensateur évolue entre U_1 et U_2 de façon asymptotique (valeurs limites théoriquement jamais réellement atteintes).