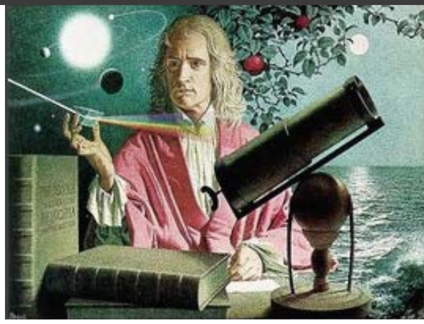
SciencesOz



Spécialité T^{ale}

P3
Dynamique d’un circuit RC

I. Le condensateur

II. Le circuit RC série

Nadia LAVOIGNAT
Lycée Ozanam MACON

P3 - DYNAMIQUE D'UN CIRCUIT RC

I. Le condensateur

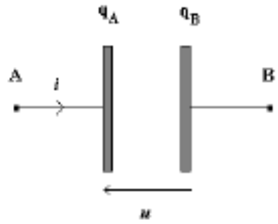
1. Définition

Un condensateur plan est constitué de deux armatures dont les surfaces en regard sont séparées par un isolant électrique.

Représentation symbolique :

2. Orientation d'un circuit en utilisant la convention récepteur

Si q_A est la charge de l'armature A et q_B celle de l'armature B, on a : $q_A = -q_B$ et $q_A > 0$.



En convention récepteur, la flèche tension est orientée vers l'armature où arrive le courant.

3. Capacité d'un condensateur

La capacité d'un condensateur est définie par la relation entre la tension u aux bornes du condensateur et la charge Q que porte une de ses armatures : **Q = C.u.**

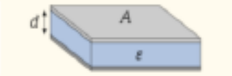
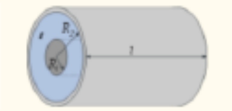
Soit : $$\boxed{C = \frac{Q}{u}}$$

C : capacité du condensateur en farad (F)
Q : charge du condensateur en coulomb (C)
u : tension aux bornes du condensateur en V

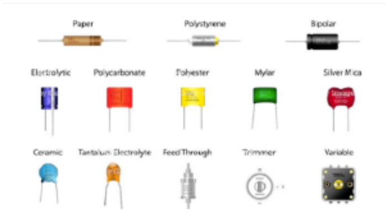
Remarque :

• *En pratique, la capacité informe sur l'aptitude du condensateur à accumuler de l'énergie lorsqu'il est soumis à une tension continue.*

4. Influence de la géométrie du condensateur sur sa capacité

Désignation	Capacité	Représentation
Condensateur plan	$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	
Condensateur cylindrique	$C = 2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r \frac{l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$	
Condensateur sphérique	$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)^{-1}$	

Les formules ne sont évidemment pas à connaître….



Remarque :

• *ε_0 et ε_r sont appelées permittivité (respectivement du vide et du matériau). Cette grandeur indique l'aptitude d'un matériau à réduire les forces électrostatiques qui s'exercent.*

5. Relation charge-intensité

La charge q du condensateur évolue au cours du temps.
Lors de la charge du condensateur, q augmente.
Ce débit de charge correspond à l'intensité i.

- Charge du condensateur : $i = \dfrac{dq}{dt}$ — Décharge du condensateur : $i = \dfrac{dq}{dt}$

En convention récepteur : **$i > 0$** (charge) — **$i < 0$** (décharge)

i : intensité en (A)
q : charge de l'armature en (C)
t : temps en (s)

i est une grandeur algébrique

Remarque :

- *Quand q ne varie pas, l'intensité est nulle. Le condensateur se comporte comme un isolant.*

6. Relation charge-tension

Pour établir la relation charge-tension il faut s'affranchir de l'intensité qui doit rester constante. Pour cela, on utilise un générateur idéal de courant.

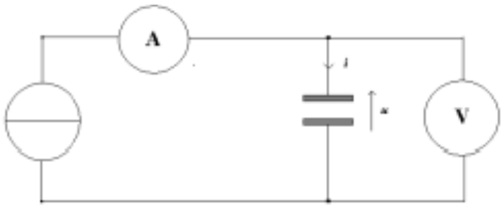
$$\boxed{q = C.u}$$

q : charge de l'armature en (C)
C : capacité du condensateur en (F)
u : tension en (V)

Application :

- Retrouver la formule précédente en réalisant l'exercice suivant :

Dans le circuit suivant, on fixe l'intensité du courant telle que $i = 15{,}0 \mu A$.



On relève, dans le tableau ci-dessous, les valeurs de la tension à différentes dates.

- Tracer le graphe u = f(t). Que constatez-vous ?

t (s)	0	0,67	1,25	1,77	2,20	2,76	3,23	3,78	4,32
u (V)	0	2,04	3,79	5,44	6,73	8,41	9,82	11,5	13,1

- Sachant que pour une valeur constante de l'intensité i, on a q = i.t, compléter le tableau suivant :

t (s)	0	0,67	1,25	1,77	2,20	2,76	3,23	3,78	4,32
u (V)	0	2,04	3,79	5,44	6,73	8,41	9,82	11,5	13,1
q (C)									

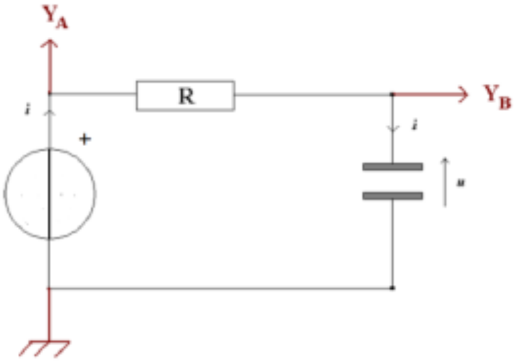
- Tracer le graphe q = f(u) et en délire une relation entre la charge q et la tension u.
- Le coefficient directeur est appelé capacité C du condensateur. Son unité est le Farad (F). Quelle est la valeur de C ?

II. Le dipôle RC

1. Réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension

Un échelon de tension correspond au passage rapide d'une valeur de tension u = 0 à une valeur u = E.

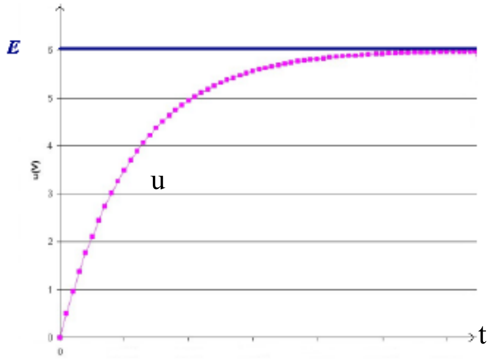
On réalise le montage suivant :



$R = 100\ \Omega$
$C = 0{,}12\ \mu F$

Le générateur est un générateur de tension continue idéal : il délivre une tension constante quelle que soit la valeur de l'intensité dans le circuit – il n'a pas de résistance interne.

On obtient l'oscillogramme suivant :



La tension u ne subit pas de variation brutale.

Elle n'est pas discontinue. Elle varie progressivement contrairement à la tension délivrée par le GBF qui prend une valeur déterminée instantanément.

Remarque : Pour mesurer à la fois la tension E aux bornes du GBF et la tension u aux bornes du condensateur, il faut placer correctement les bornes de l'oscilloscope ou de la console sysam.

- Placer dans un premier temps la masse entre ces deux composants.

- Placer ensuite les deux bornes de mesures Y_A et Y_B (oui voie 1 et voie 2) de l'autre côté des composants. Ainsi orientée, la tension u est positive.

2. Constante de temps τ d'un dipôle RC

La constante de temps est la durée nécessaire pour atteindre 63% de la tension maximale lors de la charge et 37% de la tension maximale lors de la décharge.

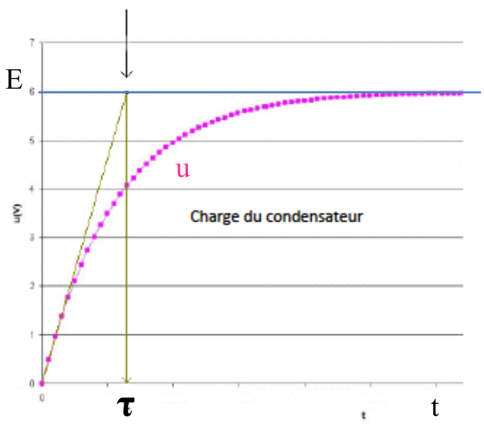
pour un circuit RC : $\boxed{\tau = R.C}$

τ : constante de temps du circuit en (s)
C : capacité du condensateur en (F)
R : Résistance du conducteur ohmique en (Ω)

Application :

A l'aide d'une analyse dimensionnelle, retrouver l'unité de la constante de temps.

- Détermination graphique de la constante de temps τ :



- On trace la tangente à l'origine 0
- On détermine le point d'intersection de cette tangente avec la droite d'équation u = E
- On projette orthogonalement ce point sur l'axe des abscisses.

Remarques :

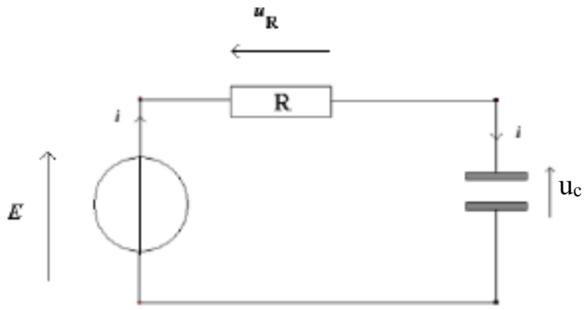
- *On considère la charge complète et le régime permanent atteint pour t = 5.τ*
- *Plus la valeur de la résistance R est élevée, plus la charge est lente.*

3. Résolution analytique de la charge du condensateur

Pour établir l'équation différentielle de la charge du condensateur, on applique la loi des mailles dans le circuit, la loi d'Ohm pour la tension aux bornes du conducteur ohmique, puis on exprime i en fonction de u, la tension aux bornes du condensateur.

<u>Application :</u>

On réalise le montage suivant :



- Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la tension $u_c(t)$, puis démontrer que la solution de cette équation est :

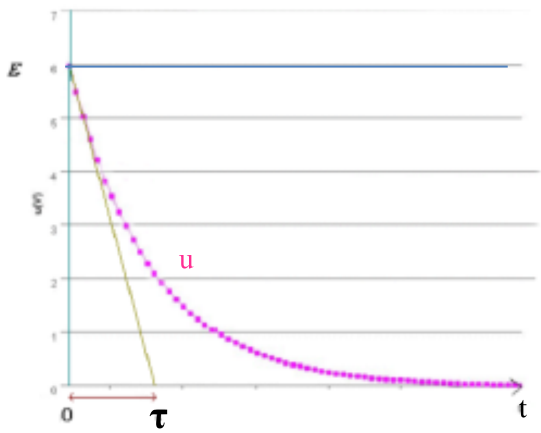
$$\boxed{u_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$$

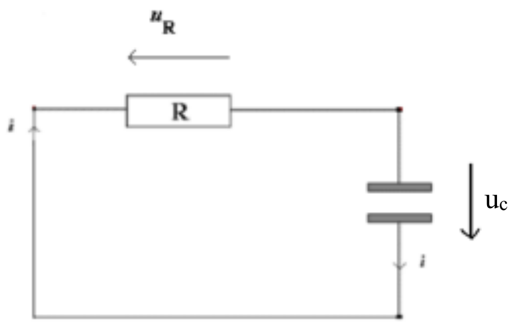
u_c : tension aux bornes du condensateur en (V)
E : f.e.m. délivrée par le aérateur de tension idée (en V)
τ : constante de temps du circuit en (s)
t : temps en (s)

- Déterminer $u(\tau)$ sachant que E = 1,0 V et justifier le fait que l'on puisse considérer le condensateur complètement chargé pour $t = 5.\tau$.

4. Résolution analytique de la décharge du condensateur

Pour décharger le condensateur, on fait basculer l'interrupteur de telle manière à ce que le circuit se réduise au circuit suivant :





Pour établir l'équation différentielle de la décharge du condensateur, on applique exactement la même méthode que pour la charge.

<u>Application :</u>

- Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit la tension $u_c(t)$, puis démontrer que la solution de cette équation est :

$$\boxed{u_c(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}}$$