

Dynamique du dipôle RC

Condensateur

Classe de Terminale – Spécialité SPC

- 1 Rappels
- 2 Le condensateur
- 3 Circuit RC série
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ

- 1 Rappels
- 2 Le condensateur
- 3 Circuit RC série
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ

Définition intensité électrique i

C'est la variation de la charge électrique q par unité de temps.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Une intensité est définie en **un point** du circuit.

(On a vu que le vecteur accélération \vec{a} était la variation par unité de temps du vecteur vitesse \vec{v} : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.)

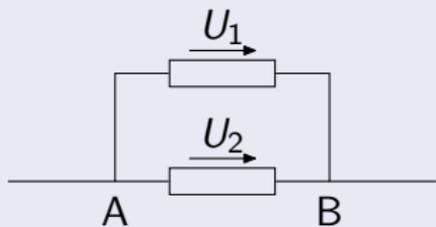
Loi des noeuds

La somme des intensités qui arrivent à un noeud est égale à la somme des intensités qui en repartent.

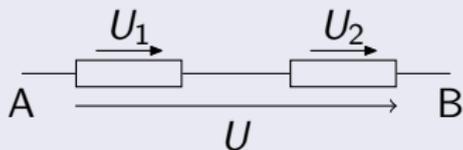
Définition tension électrique U

La tension U est représentative de la force qui fait avancer les électrons dans le circuit **entre 2 points** : elle est donc représentée par une flèche entre ces 2 points, **dans le sens du mouvement de l'électron**. (Tension aux bornes d'un fil nulle).

Loi des mailles



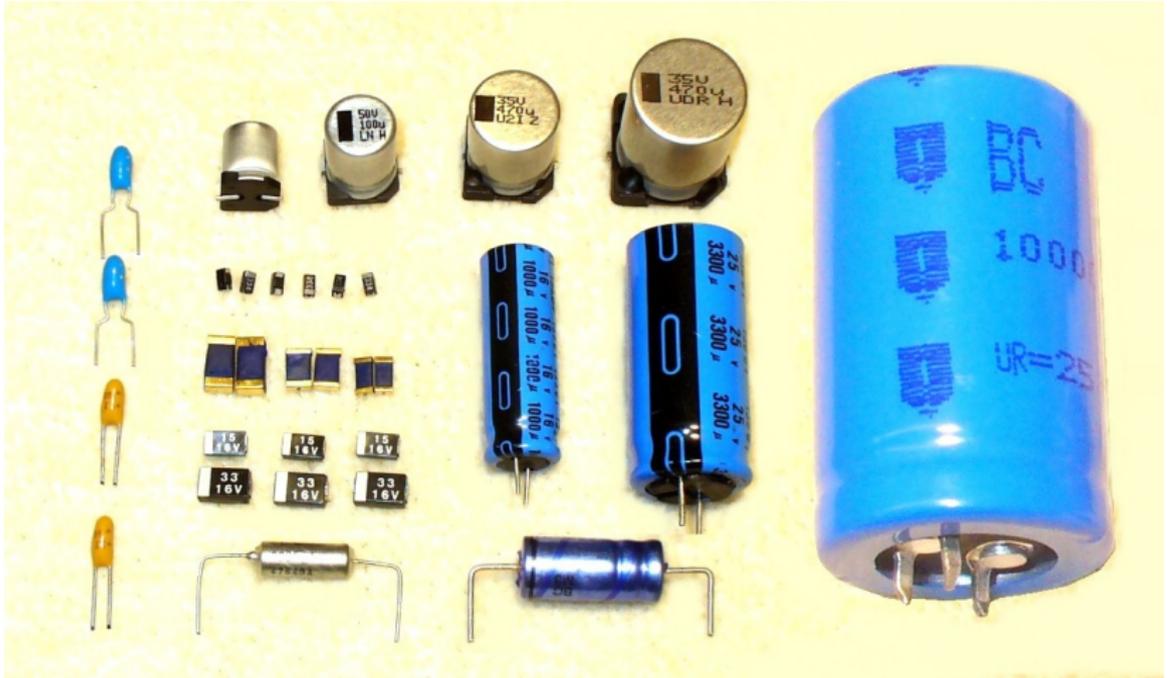
$$U_1 = U_2$$



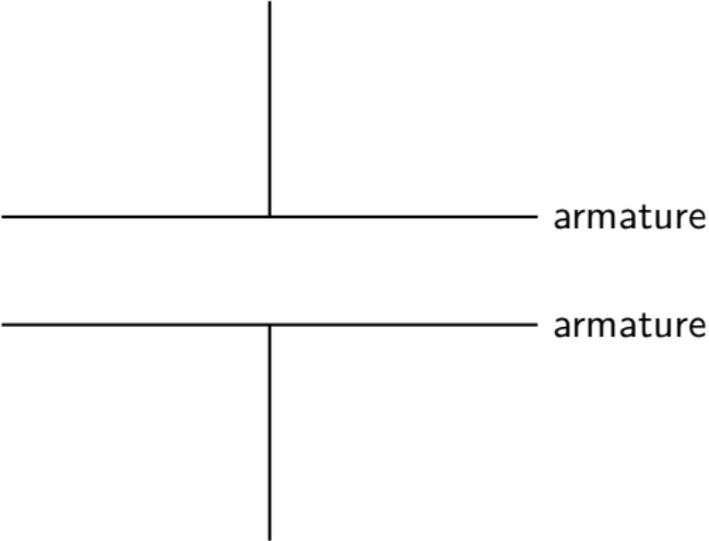
$$U = U_1 + U_2$$

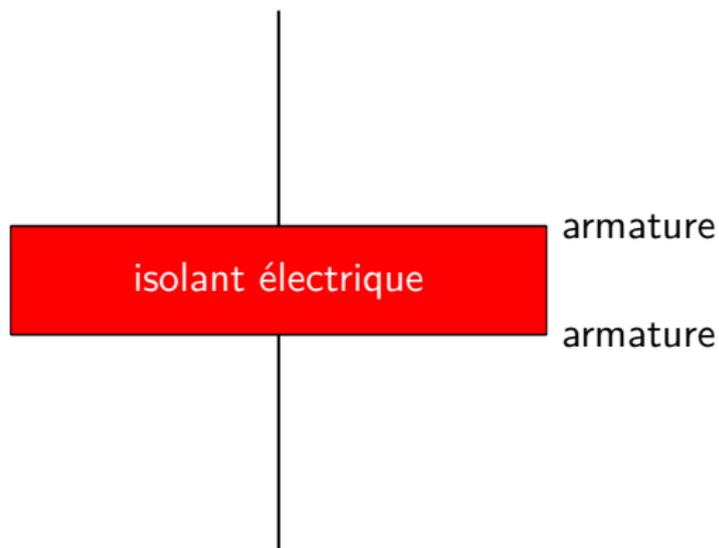
- 1 Rappels
- 2 Le condensateur**
- 3 Circuit RC série
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ

Un nouveau composant électrique

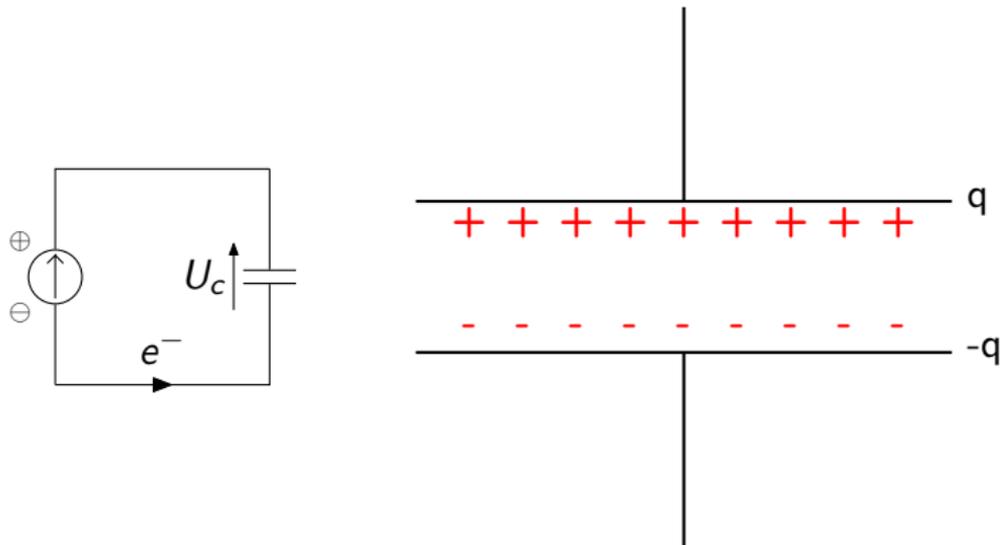


dipôle = 2 bornes de branchement





Le courant ne peut pas passer entre les 2 armatures à cause de l'isolant électrique.

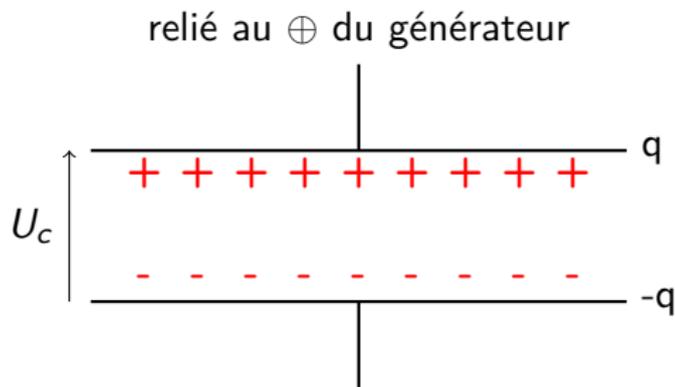


Accumulation de charge sur les armatures

Répulsion entre des charges de même signe de plus en plus forte \rightarrow
 jusqu'à égaler la force du générateur

q = charge de l'armature reliée au \oplus du générateur

$i = dq/dt$ tend très vite vers 0



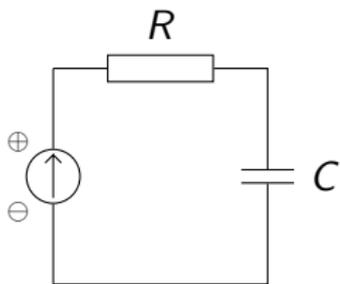
$$q = C \cdot U_c$$

Condensateur :

- les électrons ne passent pas entre les 2 armatures
- accumulation de charges sur les armatures
- capacité C en Farad (F)

- 1 Rappels
- 2 Le condensateur
- 3 Circuit RC série**
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ

- 1 Rappels
- 2 Le condensateur
- 3 Circuit RC série
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ



A faire

sens de déplacement des électrons

tension U_C

tension U_R

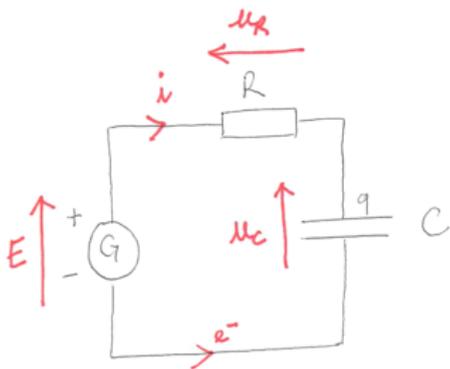
tension E du générateur

intensité i

loi des mailles

caractéristiques courant/tension

A $t = 0$, on met en marche le générateur.
Le condensateur est initialement déchargé.



loi des mailles

$$E = U_C + U_R$$

caractéristique courant/tension

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

$$U_R = Ri$$

intensité

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$E = U_C + U_R = \frac{q}{C} + Ri = \frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt}$$

$$\boxed{\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{E}{R}}$$

équation différentielle vérifiée par $q(t)$

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{E}{R}$$
$$f'(x) + af(x) = b$$

La solution générale d'une équation différentielle du premier ordre **avec second membre** est la somme de

- la solution générale de l'équation différentielle **sans second membre** $f'(x) + af(x) = 0 \rightarrow f(x) = Ae^{-ax}$
- et d'une solution particulière (constante)
 $af(x) = b \rightarrow f(x) = b/a$

$$f(x) = Ae^{-ax} + \frac{b}{a} \quad (A = \text{constante d'intégration})$$

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{E}{R}$$
$$f'(x) + af(x) = b$$

$$f(x) = Ae^{-ax} + \frac{b}{a} \quad (A = \text{constante d'intégration})$$

$$q(t) = Ae^{-t/(RC)} + CE$$

Condition **initiale** : le condensateur est déchargé :

$$q(t = 0) = 0 = A + CE \text{ d'où}$$

$$q(t) = +CE \left(1 - e^{-t/(RC)} \right)$$

$$q(t) = +CE \left(1 - e^{-t/(RC)}\right)$$

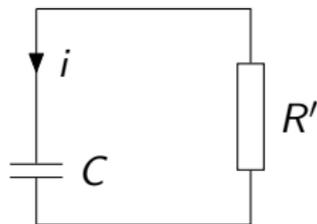
On peut calculer l'intensité dans le circuit :

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R} e^{-t/(RC)}$$

Si on attend suffisamment longtemps ($t > 5 \times RC$) : le condensateur est chargé et $q(t) \sim CE$.

- 1 Rappels
- 2 Le condensateur
- 3 Circuit RC série
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ

A $t = 0$, on branche le condensateur C sur une résistance R' .
Le condensateur est initialement chargé : q_0 .
On garde l'intensité orientée comme précédemment.



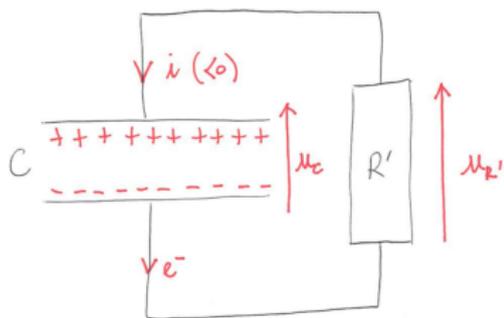
A faire

tension U_C

tension $U_{R'}$

loi des mailles

caractéristiques courant/tension



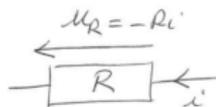
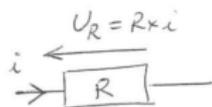
loi des mailles

$$U_C = U_{R'}$$

caractéristique courant/tension

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

$$U_{R'} = -R'i$$



intensité

$$i = \frac{dq}{dt} < 0 \text{ car } q(t) \text{ décroît}$$

$$\boxed{\frac{dq}{dt} + \frac{q}{R'C} = 0}$$

équation différentielle vérifiée par $q(t)$

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$
$$f'(x) + af(x) = 0$$

La solution de cette équation différentielle du premier ordre sans second membre est

$$f(x) = Ae^{-ax}$$
$$q(t) = Ae^{-t/(RC)}$$

avec la condition initiale $q(t = 0) = q_0 = A$, d'où

$$q(t) = q_0 e^{-t/(RC)}$$

- 1 Rappels
- 2 Le condensateur
- 3 Circuit RC série
 - Charge du condensateur
 - Décharge du condensateur
- 4 Temps caractéristique τ

Dans un circuit,

- de résistance R
- avec un condensateur C

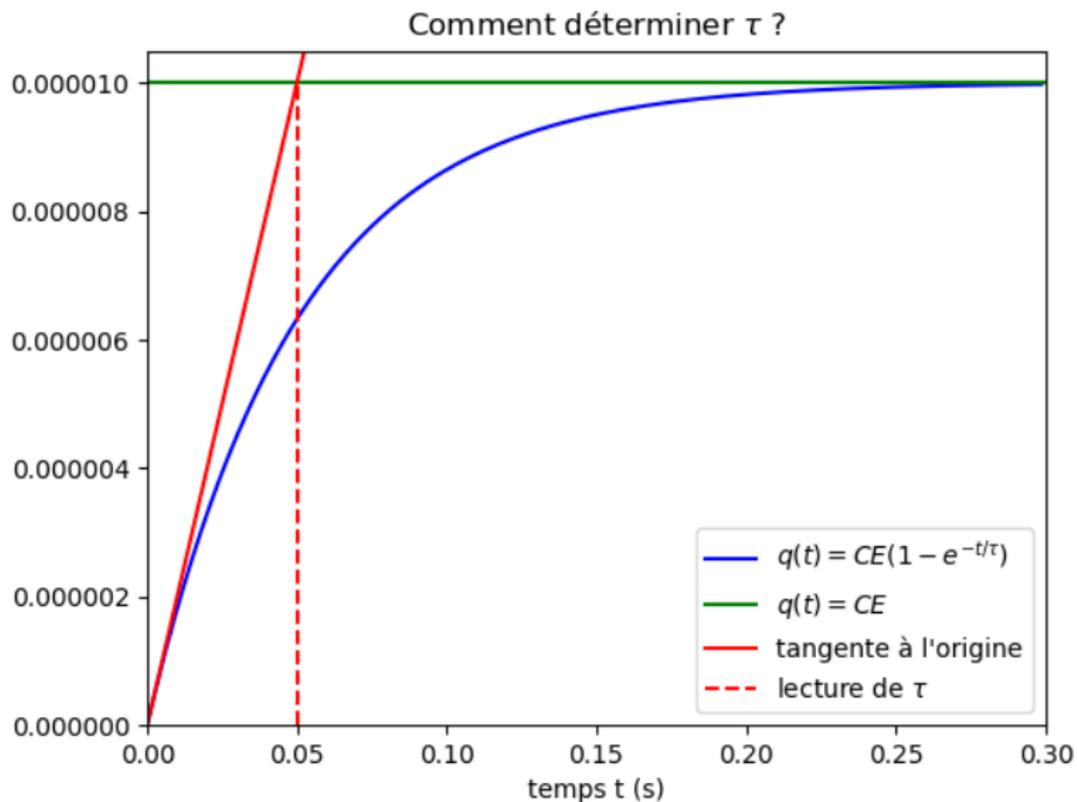
le temps caractéristique de charge ou de décharge est $\tau = R \times C$.

Dans un circuit,

- de résistance R'
- avec un condensateur C_3

le temps caractéristique de charge ou de décharge est $\tau = R' \times C_3$.

Déterminer le temps caractéristique τ



Déterminer le temps caractéristique τ

Initialement, condensateur déchargé, charge du condensateur

$$q(t) = q_0(1 - e^{-t/\tau})$$

On calcule $q(\tau)$:

$$q(\tau) = q_0(1 - e^{-1}) = 0.63 \times q_0$$

On chronomètre le temps qu'il faut pour atteindre 63% de la valeur maximale.

$$q(5\tau) = q_0(1 - e^{-5}) = 0.993 \times q_0$$

$$q(6\tau) = q_0(1 - e^{-6}) = 0.997 \times q_0$$

On peut considérer le condensateur chargé au bout de 5τ à 6τ .