Cellule de SCIENCES PHYSIQUES LDT — Tl^{es} S1 ; 2

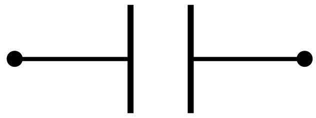
Lycée THIAROYE — cissdorosp.e-monsite.com

Condensateur

1. Définition et représentation symbolique

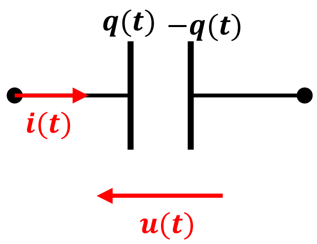
Un condensateur est formé de deux conducteurs métalliques appelés armatures séparés par un matériau isolant (diélectrique).

Le condensateur est représenté symboliquement par :



2. Convention récepteur pour un condensateur

Un condensateur en convention récepteur est représenté ci-dessous :



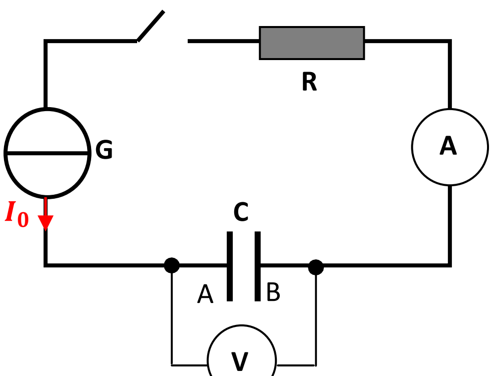
- La pointe de la flèche courant rencontre l'armature portant une charge électrique algébrique positive notée $q(t)$.
- La flèche tension et la flèche courant sont de sens opposés.

Dans la suite du cours on utilisera la convention récepteur.

3. Relation entre charge et tension dans un condensateur : Capacité

Pour établir la relation entre q et u on charge à courant constant le dispositif ci-dessous, constitué d'un condensateur associé en série avec un conducteur ohmique.

a. Dispositif expérimental

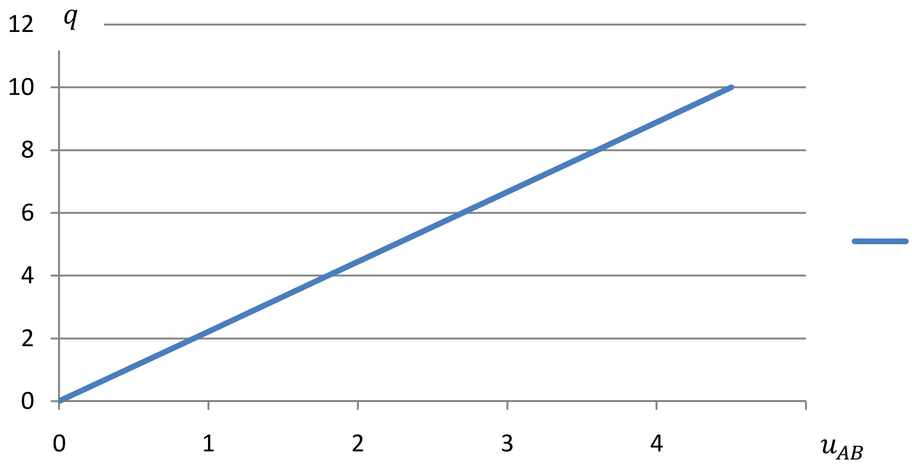


La valeur de l'intensité I_0 étant fixé à 0,1 mA. On ferme l'interrupteur et on déclenche simultanément un chronomètre. Les valeurs de u_{AB} sont relevées toutes les 20 secondes. On obtient les valeurs suivantes :

b. Résultats

$t(s)$	0	20	40	60	80	100
$u_{AB}(V)$	0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
$q_A(mC)$	0	2	4	6	8	10

c. Tracé de la courbe $q = f(u_{AB})$



Le tracé de la courbe $q = f(u_{AB})$ donne une droite linéaire donc de la forme: $q = Ku_{AB}$

Pour un condensateur donné le rapport $\frac{q}{u_{AB}}$ est constant. Ce rapport caractérise le condensateur, on l'appelle la capacité du condensateur. La capacité du condensateur représente l'aptitude du condensateur à stocker ou à emmagasiner des charges électriques.

On notera $\frac{q}{u_{AB}} = C$ d'où : $\boldsymbol{q = Cu_{AB}}$

- Unités

Dans le système international la capacité est exprimée e farads (F).

La valeur de la capacité est généralement indiquée par le constructeur .Cette valeur dépend :

- ✓ De la forme du condensateur
- ✓ De la nature du milieu diélectrique
- ✓ De l'épaisseur du diélectrique
- Capacité d'un condensateur plan

Dans le cas d'un condensateur plan, nous admettrons que la capacité est donnée par la relation.

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{e}$$

e est l'épaisseur du diélectrique ; S est la surface en regard ; ε_0 est appelée permittivité du vide, sa valeur est :

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{34.\pi.10^9}\ SI$$

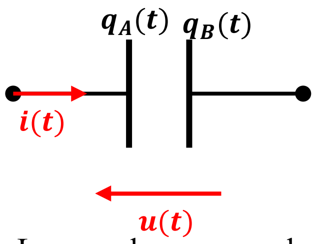
ε_r : est la permittivité du diélectrique.

4. Relation entre la charge électrique et l'intensité du courant

En convention récepteur l'intensité i du courant à un instant quelconque de date t est égale à la dérivée de la charge q par rapport à t.

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

Soit A et B les deux armatures du condensateur, q_A la charge de l'armature A, $q_B = -q_A$ la charge de l'armature B.



Le sens de parcours du courant étant défini, on aura donc :

$$i = \frac{dq_A}{dt} = -\frac{dq_B}{dt}$$

Conséquence : Relation intensité-tension

En remplaçant l'expression : $q = Cu_{AB}$ dans la relation précédente, il vient :

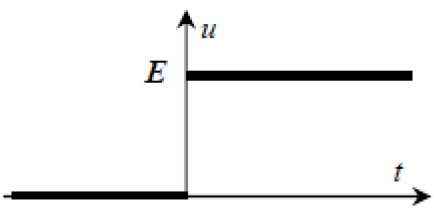
$$i = \frac{d(Cu_{AB})}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt}$$

I. Réponse d'un dipôle (R,C) soumis à un échelon de tension

Echelon de tension

On dit qu'un dipôle est soumis à un échelon de tension si la tension électrique appliquée à ses bornes passe brutalement (en une durée extrêmement brève) de 0 à une tension constante E. Ou inversement si la tension électrique appliquée à ses bornes passe brutalement de la valeur E à la valeur 0 constante.

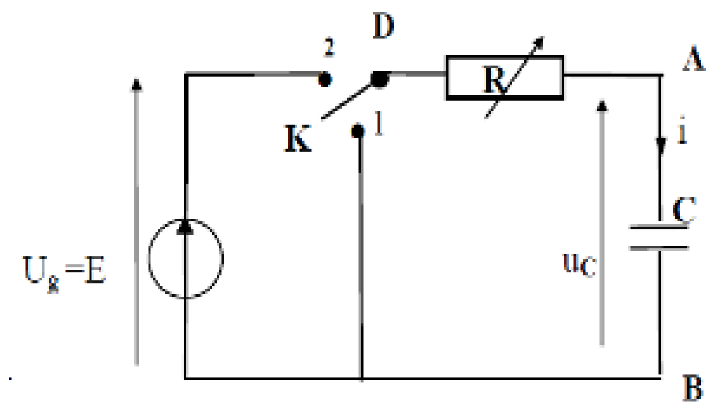
La représentation graphique d'un échelon de tension est donnée ci-dessous :



La réponse d'un dipôle RC soumis à un échelon de tension est le comportement électrique de ce dipôle. Ce comportement peut être caractérisé par l'évolution de la tension aux bornes de ce dipôle, par l'évolution de l'intensité du courant dans ce dipôle ou par la variation de la charge prise par le condensateur au cours du temps.

1. Etude expérimentale

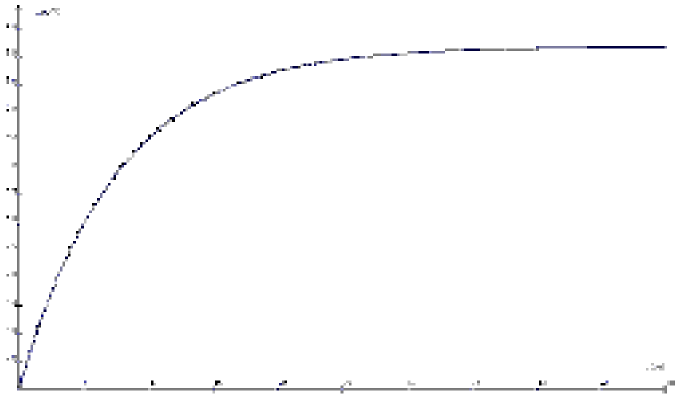
- Dispositif expérimental



a. Charge du condensateur

Lorsque l'interrupteur K est placé en position 2, le condensateur se charge, sa tension croit plus ou moins rapidement (régime transitoire) pour atteindre la valeur de tension imposée par le générateur$U_g = E$, l'intensité du courant s'annule (régime permanent).

- Courbe de charge



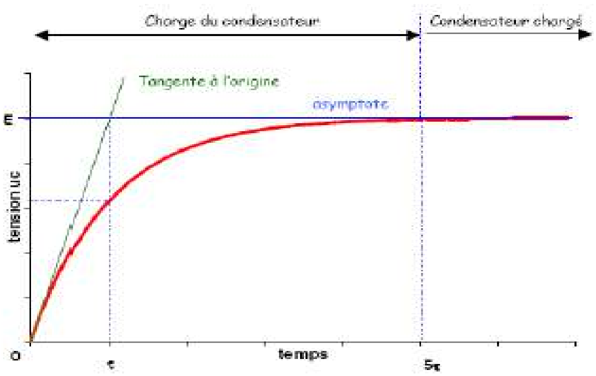
- Facteur influençant la charge du condensateur : constante de temps τ

Si nous reprenons l'expérience la même expérience en conservant le même condensateur mais en remplaçant le résistor par un autre de plus grande résistance, nous constatons que la tension aux bornes du condensateur croit moins rapidement, le régime transitoire est plus long.

De même si nous reprenons l'expérience en conservant le même résistor mais en remplaçant le condensateur par un autre de capacité plus grande, nous constatons que la tension aux bornes du condensateur croit moins rapidement, le régime transitoire est plus long.

Les paramètres influençant la rapidité de cette évolution sont la résistance R et la capacité C.
La durée $\boldsymbol{\tau}$ = **R.C** est caractéristique de l'évolution du système. Elle donne un ordre de grandeur du temps que met la tension U_C pour atteindre la valeur E : c'est la constante de temps.

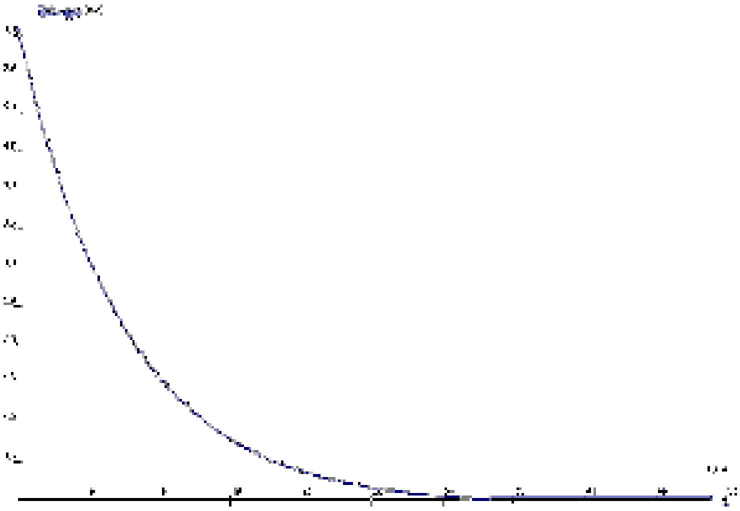
- Détermination expérimental de $\boldsymbol{\tau}$
    - Méthode de la tangente à l'origine
    - Méthode des 63% : $\boldsymbol{\tau}$ temps correspondant à $U_C = 0.63$ E



b. Décharge du condensateur

Lorsque l'interrupteur K est placé en position 1, le condensateur se décharge à travers la résistance, sa tension décroit plus ou moins rapidement (régime transitoire) jusqu'à atteindre la valeur de tension $U_c = 0$, l'intensité du courant s'annule (régime permanent).

- Courbe de décharge

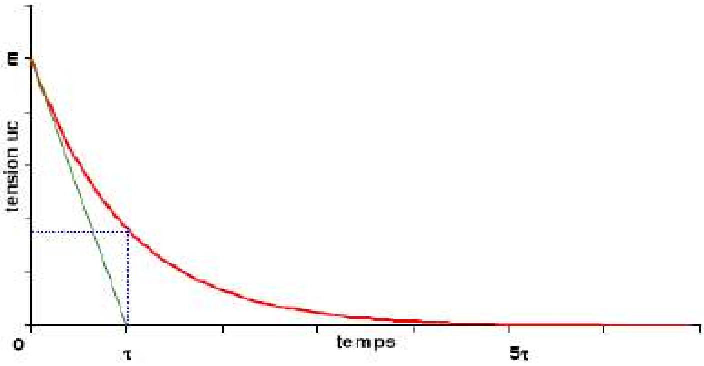


- Facteur influençant la charge du condensateur : constante de temps τ

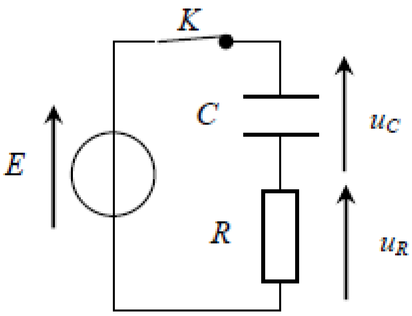
Comme pour la charge, la décharge aussi est influencée par les mêmes paramètres (R et C).

La durée $\boldsymbol{\tau}$ = **R.C** est caractéristique de l'évolution du système. Elle donne un ordre de grandeur du temps que met la tension $U_C = E$ pour atteindre la valeur 0 : c'est la constante de temps.

- Détermination expérimental de $\boldsymbol{\tau}$
    - Méthode de la tangente à l'origine
    - Méthode des 37% : $\boldsymbol{\tau}$ temps correspondant à $U_C = 0.37$ E



2. Etude théorique
a. Charge du condensateur
- Equation différentielle régissant la charge du condensateur



D'après la loi d'additivité des tensions on a :

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

Selon la convention récepteur $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$

Finalement l'équation différentielle cherchée est :

$$E = U_C + RC\ \frac{dU_C}{dt} \text{ avec } \tau = RC$$

- Solution de l'équation différentielle

L'équation différentielle $E = U_C + RC\ \frac{dU_C}{dt}$ est vérifiée par $U_C = A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$+B

En effet $\frac{dU_C}{dt} = \frac{-1}{\tau} A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$

$E = \ A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$+ B + RC ($\frac{-1}{\tau} A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$)

$E = \ A\ e^{\frac{-t}{\tau}}\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) + B$

Cette équation est vérifiée quelque soit la date t si B = E et $1 - \frac{RC}{\tau} = 0$

$\Rightarrow \tau = RC$

(Car B et E sont des constantes et $e^{\frac{-t}{\tau}}$ est variable, il faut donc annuler $1 - \frac{RC}{\tau}$ et alors B=E)

$On\ a\ donc\ U_C = Ae^{\frac{-t}{RC}} + E$

Pour déterminer A on utilise la valeur de U_C à l'instant $t = 0s$

A $t = 0s$,$U_C = 0\ alors\ 0 = A + E \Rightarrow A = -E$

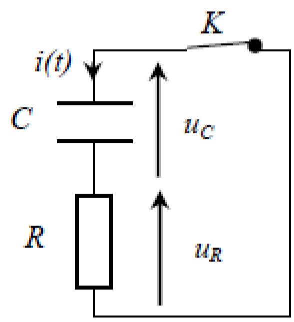
La solution de l'équation différentielle lors de la charge est :

$U_C = -Ee^{\frac{-t}{RC}} + E = E(1 - e^{\frac{-t}{RC}})$

$\boldsymbol{U_C = \ E(1 - e^{\frac{-t}{RC}})}$

b. Décharge du condensateur

- Equation différentielle régissant la décharge du condensateur



D’après la loi d’additivité des tensions on a :

$U_C + U_R = 0$

Loi d’ohm pour la résistance $U_R = \ Ri$

Selon la convention récepteur : $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$

Finalement l’équation différentielle recherchée est :

$$R\,C\frac{du_C}{dt} + U_C = 0$$

- Solution de l’équation différentielle

On cherche à définir la fonction : $U_C = A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$+B (où A, B et τ sont des constantes) solution de l’équation différentielle.

En effet $\frac{dU_C}{dt} = \frac{-1}{\tau}A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$

L’équation différentielle donne :

$A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$+ B + RC ($\frac{-1}{\tau}A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$) = 0

$$A\ e^{\frac{-t}{\tau}}\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) + B = 0$$

Cette équation est vérifiée quelque soit la date t si : B = 0 et $1 - \frac{RC}{\tau} = 0$

$$\Rightarrow \tau = RC$$

$On\ a\ donc\ U_C = Ae^{\frac{-t}{RC}} + E$

Pour déterminer A on utilise la valeur de U_C à l’instant $t = 0s$

A $t = 0s$,$U_C = E\ alors\ A = E$

La solution de l’équation différentielle lors de la décharge est :

$$\boldsymbol{U_C = -Ee^{\frac{-t}{RC}}}$$

3. Etude de l’intensité dans chaque phase

On peut faire la même démarche que précédemment en cherchant l'intensité :

Dans les deux cas (charge ou décharge), d'après la loi d'Ohm on a : i = u_R/ R

* <u>Cas de la charge</u> : U_R= E - U_C ; i = (E - U_C) / R = (E – E + E.$e^{-t/RC}$)/ R =

i = (E / R).$e^{-t/RC}$

L'intensité du courant de charge décroît aux cours de la charge, de la valeur i_0 = E / R à une valeur proche de 0.

Plus la phase de charge avance plus il est difficile de charger le condensateur.

* Cas de la décharge.: U_R= - U_C ; i = - U_C/ R = - E.e$^{-t / RC}$ / R

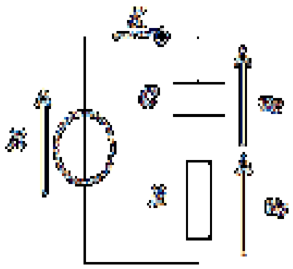
Le courant circule dans le sens négatif et croît de la valeur i_0 = -E / R à une valeur proche de 0.

II. Energie emmagasinée dans un condensateur

1. Relation donnant cette énergie

Un condensateur de capacité C est chargé par un générateur de fem E à travers un résistor de protection. On ferme l'interrupteur à la date $t = 0$.

La charge finale du condensateur est $Q = CE$



On se propose de déterminer l'énergie stockée par

Le condensateur pendant la charge.

A une date t

Soit q la charge du condensateur

i l'intensité du courant

U_C la tension aux bornes du condensateur

La puissance instantanée du condensateur est: $p = U_C i = \frac{q}{C} i = \frac{q}{C}\frac{dq}{dt}$

L'énergie échangée par le condensateur entre la date t et une date très rapprochée $t + dt$ est $dW = pdt = \frac{q}{C}\frac{dq}{dt}\,dt = \frac{q}{C}dq$

L'énergie stockée au cours de la charge s'obtient par intégration

$$W = \int_0^q \frac{1}{C}\, q\, dq = \frac{Q^2}{2C}$$

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CE^2}{2}$$

2. Ordre de grandeur de la durée du transfert d'énergie

L'énergie est transférée du générateur vers le condensateur lors de la phase de charge et du condensateur vers le circuit de décharge lors de la phase de décharge.

L'évolution de la tension aux bornes du condensateur se fait de façon continue en une durée dont l'ordre de grandeur estt. Ces transferts d'énergie ne sont donc pas instantanés (même s'ils peuvent être très brefs comme dans le cas d'un flash). L'ordre de grandeur de la durée de ces transferts est t.

3. Association de condensateurs

En série : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ soit $\frac{1}{C_{eq}} = \sum \frac{1}{C_i}$

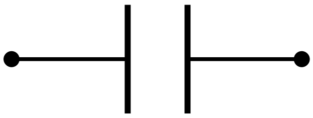
En parallèle : $C_{eq} = C_1 + C_2$ soit $C_{eq} = \sum C_i$

III. Condensateur

5. Définition et représentation symbolique

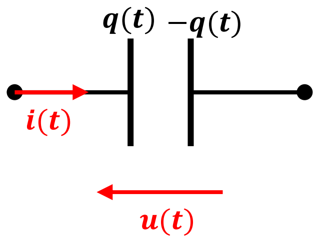
Un condensateur est formé de deux conducteurs métalliques appelés armatures séparés par un matériau isolant (diélectrique).

Le condensateur est représenté symboliquement par :



6. Convention récepteur pour un condensateur

Un condensateur en convention récepteur est représenté ci-dessous :



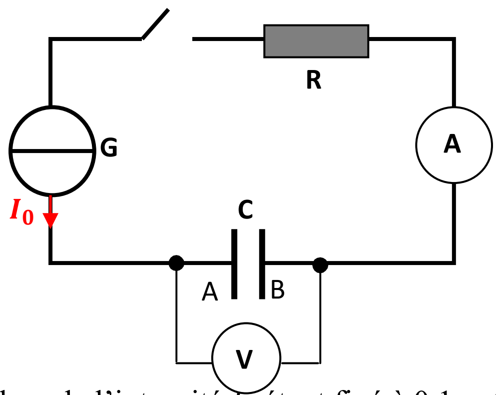
- La pointe de la flèche courant rencontre l'armature portant une charge électrique algébrique positive notée $q(t)$.
- La flèche tension et la flèche courant sont de sens opposés.

Dans la suite du cours on utilisera la convention récepteur.

7. Relation entre charge et tension dans un condensateur : Capacité

Pour établir la relation entre q et u on charge à courant constant le dispositif ci-dessous, constitué d'un condensateur associé en série avec un conducteur ohmique.

d. Dispositif expérimental

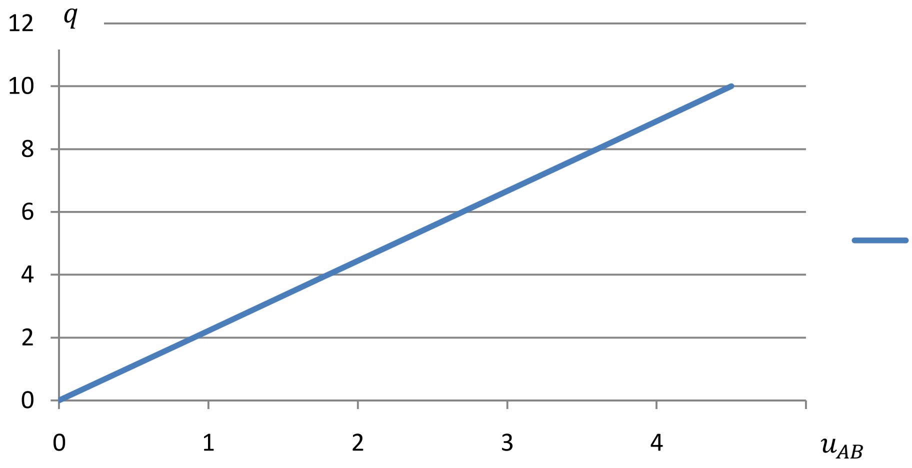


La valeur de l'intensité I_0 étant fixé à 0,1 mA. On ferme l'interrupteur et on déclenche simultanément un chronomètre. Les valeurs de u_{AB} sont relevées toutes les 20 secondes. On obtient les valeurs suivantes :

e. Résultats

$t(s)$	0	20	40	60	80	100
$u_{AB}(V)$	0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
$q_A(mC)$	0	2	4	6	8	10

f. Tracé de la courbe $q = f(u_{AB})$



Le tracé de la courbe $q = f(u_{AB})$ donne une droite linéaire donc de la forme: $q = Ku_{AB}$

Pour un condensateur donné le rapport $\frac{q}{u_{AB}}$ est constant. Ce rapport caractérise le condensateur, on l'appelle la capacité du condensateur. La capacité du condensateur représente l'aptitude du condensateur à stocker ou à emmagasiner des charges électriques.

On notera $\frac{q}{u_{AB}} = C$ d'où : $\boldsymbol{q = Cu_{AB}}$

- Unités

Dans le système international la capacité est exprimée e farads (F).

La valeur de la capacité est généralement indiquée par le constructeur .Cette valeur dépend :

- ✓ De la forme du condensateur
- ✓ De la nature du milieu diélectrique
- ✓ De l'épaisseur du diélectrique
- Capacité d'un condensateur plan

Dans le cas d'un condensateur plan, nous admettrons que la capacité est donnée par la relation.

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{e}$$

e est l'épaisseur du diélectrique ; S est la surface en regard ; ε_0 est appelée permittivité du vide, sa valeur est :

$\varepsilon_0 = \frac{1}{34.\pi.10^9}\ SI$

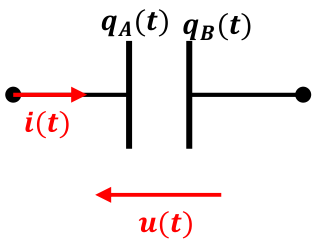
ε_r : est la permittivité du diélectrique.

8. Relation entre la charge électrique et l'intensité du courant

En convention récepteur l'intensité i du courant à un instant quelconque de date t est égale à la dérivée de la charge q par rapport à t.

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

Soit A et B les deux armatures du condensateur, q_A la charge de l'armature A, $q_B = -q_A$ la charge de l'armature B.



Le sens de parcours du courant étant défini, on aura donc :

$$i = \frac{dq_A}{dt} = -\frac{dq_B}{dt}$$

Conséquence : Relation intensité-tension

En remplaçant l'expression : $q = Cu_{AB}$ dans la relation précédente, il vient :

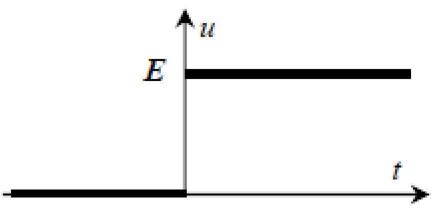
$$i = \frac{d(Cu_{AB})}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt}$$

IV. Réponse d'un dipôle (R,C) soumis à un échelon de tension

Echelon de tension

On dit qu'un dipôle est soumis à un échelon de tension si la tension électrique appliquée à ses bornes passe brutalement (en une durée extrêmement brève) de 0 à une tension constante E. Ou inversement si la tension électrique appliquée à ses bornes passe brutalement de la valeur E à la valeur 0 constante.

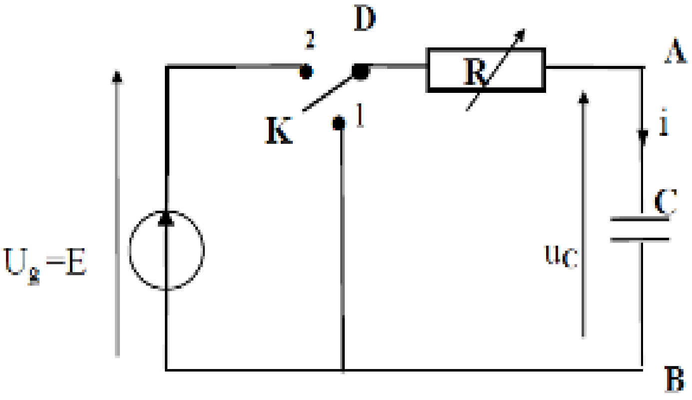
La représentation graphique d'un échelon de tension est donnée ci-dessous :



La réponse d'un dipôle RC soumis à un échelon de tension est le comportement électrique de ce dipôle. Ce comportement peut être caractérisé par l'évolution de la tension aux bornes de ce dipôle, par l'évolution de l'intensité du courant dans ce dipôle ou par la variation de la charge prise par le condensateur au cours du temps.

4. Etude expérimentale

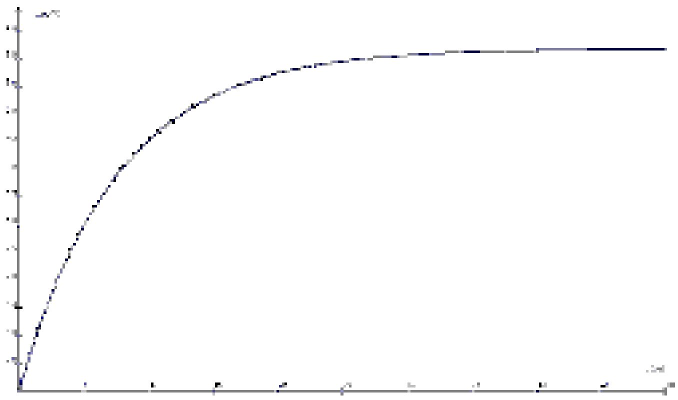
- Dispositif expérimental



c. Charge du condensateur

Lorsque l'interrupteur K est placé en position 2, le condensateur se charge, sa tension croit plus ou moins rapidement (régime transitoire) pour atteindre la valeur de tension imposée par le générateur $U_g = E$, l'intensité du courant s'annule (régime permanent).

- Courbe de charge



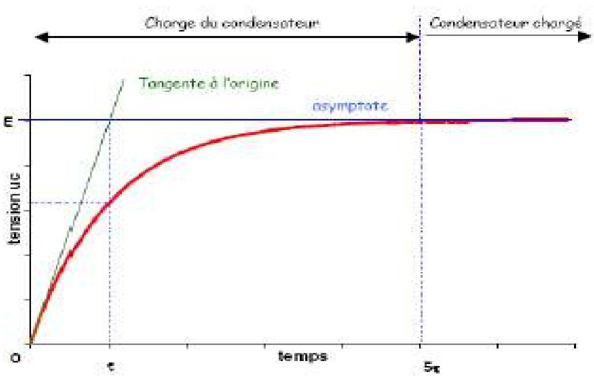
- Facteur influençant la charge du condensateur : constante de temps τ

Si nous reprenons l'expérience la même expérience en conservant le même condensateur mais en remplaçant le résistor par un autre de plus grande résistance, nous constatons que la tension aux bornes du condensateur croit moins rapidement, le régime transitoire est plus long.

De même si nous reprenons l'expérience en conservant le même résistor mais en remplaçant le condensateur par un autre de capacité plus grande, nous constatons que la tension aux bornes du condensateur croit moins rapidement, le régime transitoire est plus long.

Les paramètres influençant la rapidité de cette évolution sont la résistance R et la capacité C.
La durée $\boldsymbol{\tau}$ = **R.C** est caractéristique de l'évolution du système. Elle donne un ordre de grandeur du temps que met la tension U_C pour atteindre la valeur E : c'est la constante de temps.

- Détermination expérimental de $\boldsymbol{\tau}$
  - Méthode de la tangente à l'origine

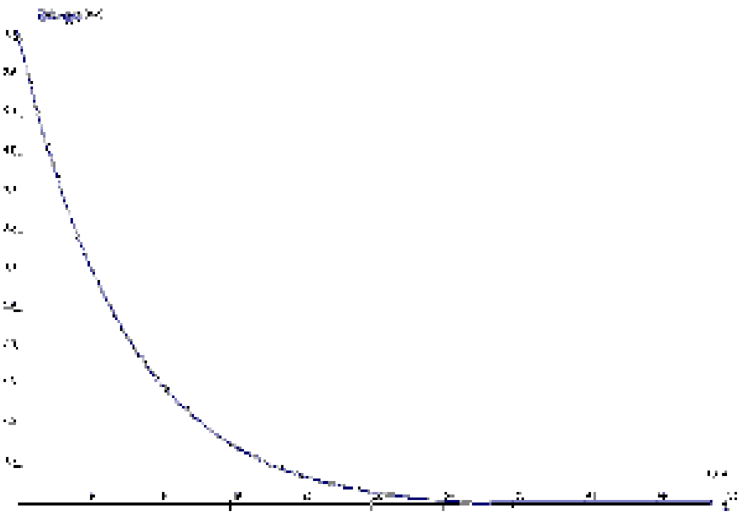


  - Méthode des 63% : $\boldsymbol{\tau}$ temps correspondant à U_C = 0.63 E

d. Décharge du condensateur

Lorsque l'interrupteur K est placé en position 1, le condensateur se décharge à travers la résistance, sa tension décroit plus ou moins rapidement (régime transitoire) jusqu'à atteindre la valeur de tension $U_c = 0$, l'intensité du courant s'annule (régime permanent).

- Courbe de décharge

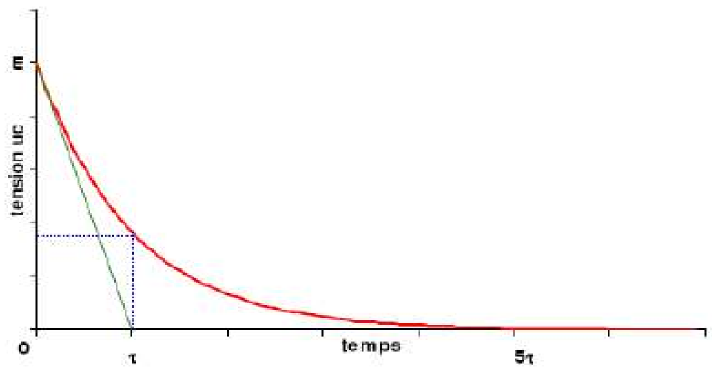


- Facteur influençant la charge du condensateur : constante de temps τ

Comme pour la charge, la décharge aussi est influencée par les mêmes paramètres (R et C).

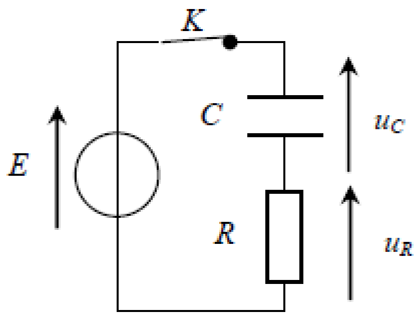
La durée $\boldsymbol{\tau}$ = **R.C** est caractéristique de l'évolution du système. Elle donne un ordre de grandeur du temps que met la tension $U_C = E$ pour atteindre la valeur 0 : c'est la constante de temps.

- Détermination expérimental de $\boldsymbol{\tau}$
    - Méthode de la tangente à l'origine
    - Méthode des 37% : $\boldsymbol{\tau}$ temps correspondant à $U_C = 0.37$ E



.

5. Etude théorique
c. Charge du condensateur
- Equation différentielle régissant la charge du condensateur



D'après la loi d'additivité des tensions on a :

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

Selon la convention récepteur $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$

Finalement l'équation différentielle cherchée est :

$E = U_C + RC\ \frac{dU_C}{dt}$ avec $\tau = RC$

- Solution de l'équation différentielle

L'équation différentielle $E = U_C + RC\ \frac{dU_C}{dt}$ est vérifiée par $U_C = A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$+B

En effet $\frac{dU_C}{dt} = \frac{-1}{\tau}A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$

$E = A\ e^{\frac{-t}{\tau}}$+ B + RC $(\frac{-1}{\tau}A\ e^{\frac{-t}{\tau}})$

$E = A\ e^{\frac{-t}{\tau}}\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) + B$

Cette équation est vérifiée quelque soit la date t si B = E et $1 - \frac{RC}{\tau} = 0$

$\Rightarrow \tau = RC$

(Car B et E sont des constantes et $e^{\frac{-t}{\tau}}$ est variable, il faut donc annuler $1 - \frac{RC}{\tau}$ et alors B=E)

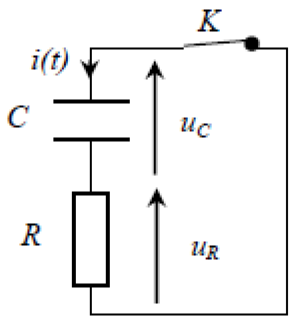
$On\ a\ donc\ U_C = Ae^{\frac{-t}{RC}} + E$

Pour déterminer A on utilise la valeur de U_C à l'instant $t = 0s$

A $t = 0s$,$U_C = 0\ alors\ 0 = A + E \Rightarrow A = -E$

La solution de l'équation différentielle lors de la charge est :

$$U_C = -Ee^{\frac{-t}{RC}} + E = E(1 - e^{\frac{-t}{RC}})$$



$\boldsymbol{U_C = E(1 - e^{\frac{-t}{RC}})}$

d. Décharge du condensateur

- Equation différentielle régissant la décharge du condensateur

D'après la loi d'additivité des tensions on a :

$U_C + U_R = 0$

Loi d'ohm pour la résistance $U_R = \ Ri$

Selon la convention récepteur : $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$

Finalement l'équation différentielle recherchée est :

$$R\,C\frac{du_C}{dt} + U_C = 0$$

- Solution de l'équation différentielle

On cherche à définir la fonction : $U_C = A\,e^{\frac{-t}{\tau}}$+B (où A, B et τ sont des constantes) solution de l'équation différentielle.

En effet $\frac{dU_C}{dt} = \frac{-1}{\tau}A\,e^{\frac{-t}{\tau}}$

L'équation différentielle donne :

$A\,e^{\frac{-t}{\tau}}$+ B + RC ($\frac{-1}{\tau}A\,e^{\frac{-t}{\tau}}$) = 0

$A\,e^{\frac{-t}{\tau}}\left(1 - \frac{RC}{\tau}\right) + B = 0$

Cette équation est vérifiée quelque soit la date t si : B = 0 et $1 - \frac{RC}{\tau} = 0$

$\Rightarrow \tau = RC$

$On\ a\ donc\ U_C = Ae^{\frac{-t}{RC}} + E$

Pour déterminer A on utilise la valeur de U_C à l'instant $t = 0s$

A $t = 0s$,$U_C = E\ alors\ A = E$

La solution de l'équation différentielle lors de la décharge est :

$$\boldsymbol{U_C = -Ee^{\frac{-t}{RC}}}$$

6. Etude de l'intensité dans chaque phase

On peut faire la même démarche que précédemment en cherchant l'intensité :

Dans les deux cas (charge ou décharge), d'après la loi d'Ohm on a : $i = u_R / R$

* <u>Cas de la charge</u> : $U_R = E - U_C$; $i = (E - U_C) / R = (E - E + E.e^{-t/RC}) / R =$

$i = (E / R).e^{-t/RC}$

L'intensité du courant de charge décroît aux cours de la charge, de la valeur $i_0 = E / R$ à une valeur proche de 0.

Plus la phase de charge avance plus il est difficile de charger le condensateur.

* <u>Cas de la décharge</u>.: $U_R = - U_C$; $i = - U_C / R = - E.e^{-t/RC} / R$

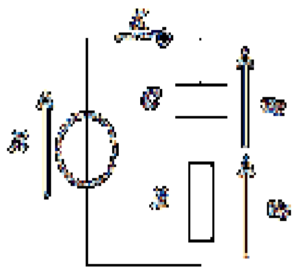
Le courant circule dans le sens négatif et croît de la valeur $i_0 = -E / R$ à une valeur proche de 0.

V. Energie emmagasinée dans un condensateur

4. Relation donnant cette énergie

Un condensateur de capacité C est chargé par un générateur de fem E à travers un résistor de protection. On ferme l'interrupteur à la date $t = 0$.

La charge finale du condensateur est $Q = CE$



On se propose de déterminer l'énergie stockée par

Le condensateur pendant la charge.

A une date t

Soit q la charge du condensateur

i l'intensité du courant

U_C la tension aux bornes du condensateur

La puissance instantanée du condensateur est: $p = U_C i = \frac{q}{C} i = \frac{q}{C}\frac{dq}{dt}$

L'énergie échangée par le condensateur entre la date t et une date très rapprochée $t + dt$ est $dW = pdt = \frac{q}{C}\frac{dq}{dt}\,dt = \frac{q}{C}dq$

L'énergie stockée au cours de la charge s'obtient par intégration

$$W = \int_0^q \frac{1}{C}\, q\, dq = \frac{Q^2}{2C}$$

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CE^2}{2}$$

5. Ordre de grandeur de la durée du transfert d'énergie

L'énergie est transférée du générateur vers le condensateur lors de la phase de charge et du condensateur vers le circuit de décharge lors de la phase de décharge.

L'évolution de la tension aux bornes du condensateur se fait de façon continue en une durée dont l'ordre de grandeur estt. Ces transferts d'énergie ne sont donc pas instantanés (même s'ils peuvent être très brefs comme dans le cas d'un flash). L'ordre de grandeur de la durée de ces transferts est t.

6. Association de condensateurs

En série : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ soit $\frac{1}{C_{eq}} = \sum \frac{1}{C_i}$

En parallèle : $C_{eq} = C_1 + C_2$ soit $C_{eq} = \sum C_i$