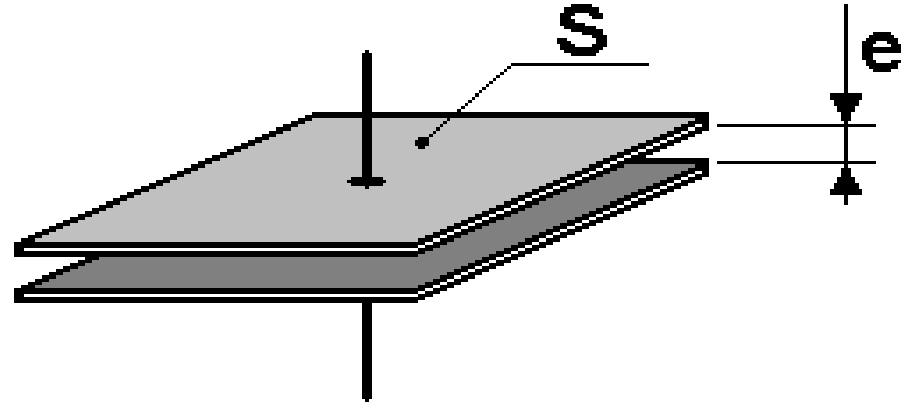


Les condensateurs plans

Un condensateur plan est constitué de deux armatures métalliques mises en regard l'une de l'autre et séparées par un diélectrique (isolant). Les deux armatures forment les deux bornes du dipôle ainsi constitué.





Par A.DIB

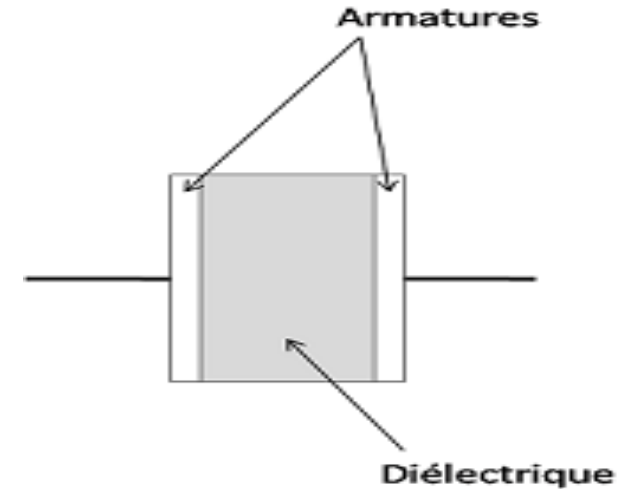
Constitution et principes d'un condensateur

La constitution d'un condensateur réside sur le même principe, quelle que soit la technologie du condensateur.

Il s'agit de deux **armatures** (deux plaques métalliques très fines) séparées d'un isolant appelé le **diélectrique**.

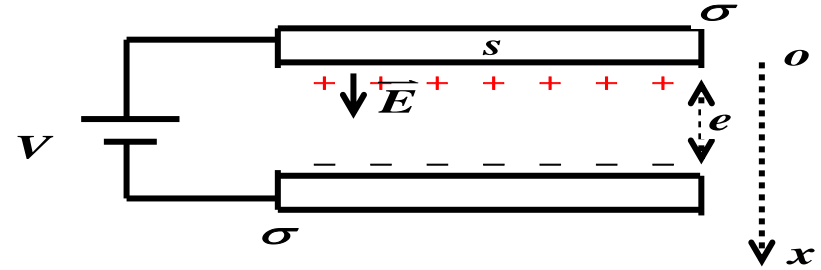
Le principe de fonctionnement du condensateur en régime continu est relativement simple à comprendre.

Pour expérience, on peut le brancher sur un générateur continu, il se charge ; on débranche le condensateur du générateur et on connecte une charge à ses bornes, le condensateur se décharge. (interrupteur)



Capacité propre d'un condensateur

La **capacité** d'un condensateur est la taille de sa réserve de charges électriques. En clair, c'est ça capacité à contenir les charges électriques, ce qui veut dire que plus la capacité d'un condensateur est grande, plus il peut contenir de charges électriques. L'unité de sa capacité se mesure en **Farad** du non de [Micheal Faraday](#). On note cette unité avec un **F**



$$\bullet \vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = C^{te} \text{ (Théorème de Gauss)}$$

$$\bullet dV = -\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -E dx$$

$$V = \frac{\sigma}{\epsilon_0} e = \frac{Qe}{s\epsilon_0} \quad \leftarrow \text{L}$$

$$\bullet C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 s}{e}$$

Plus la surface des armatures est grande, plus la capacité du condensateur est grande aussi, mais il ne faut pas oublier la contrainte des dimensions géométriques du composant; car ceci peut s'avérer gênant dans certains domaines où les composants doivent être relativement petits.

Plus l'épaisseur (e) entre les armatures est petite, plus la capacité est grande. Mais en contrepartie, la **tension de claquage** sera plus petite.

Analysons l'expression de la capacité C

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 S}{e}$$

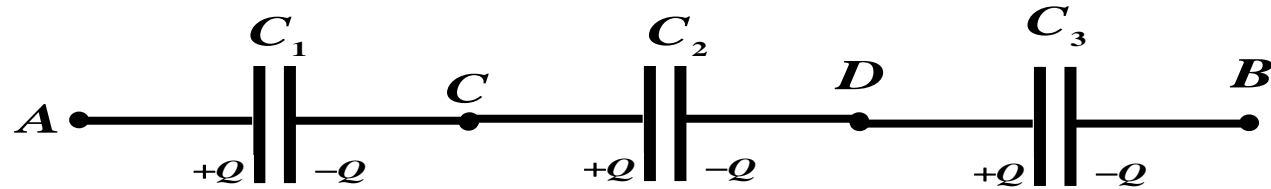
C : La capacité du condensateur en Farads (**F**)

S : la surface des armatures en (**m²**)

e : l'épaisseur du diélectrique en mètres (**m**)

ϵ_0 : permittivité de l'isolant (grandeur liée à la nature physique de l'isolant) - pas d'unité

Association de condensateurs en séries



$$(V_A - V_B) = (V_A - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_B)$$

$$= \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

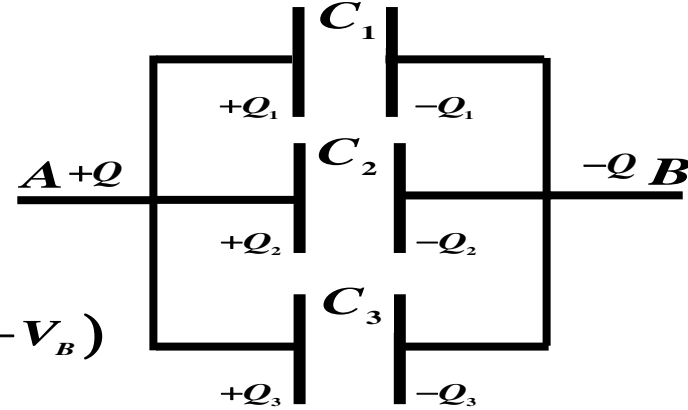
$$(V_A - V_B) = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = \frac{Q}{C_{eq}}$$

Association de condensateurs en parallèles

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C(V_A - V_B) = C_1(V_A - V_B) + C_2(V_A - V_B) + C_3(V_A - V_B)$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

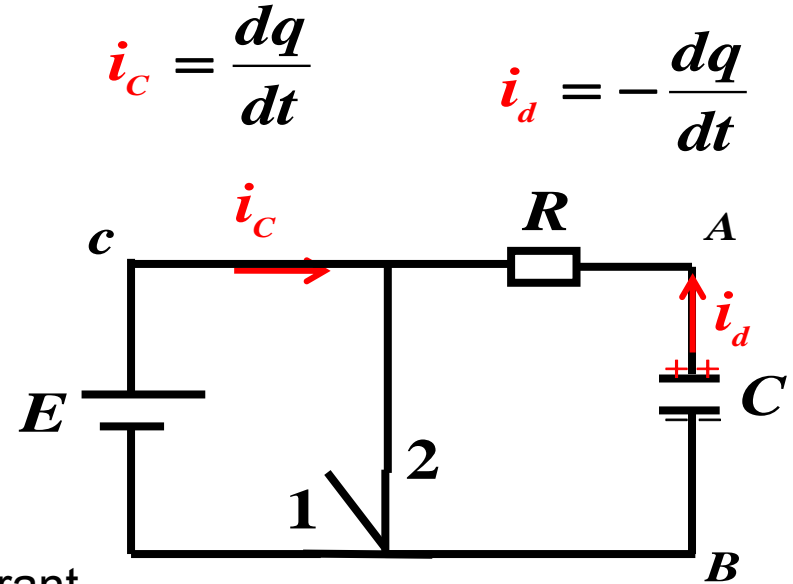


Charge et décharge d'un condensateur.

Nous avons défini le régime stationnaire et indiqué qu'il supposait une intensité constante en tous les points du circuit. Dans un régime lentement variable on pourra considérer ceci comme valable à un instant donné. On traitera le problème comme une succession dans le temps de régimes stationnaires pour lesquels les lois d'Ohm et de Kirchhoff s'appliquent toujours.

Pour l'interrupteur en position 1, on aura un courant de charge i_c à travers R.

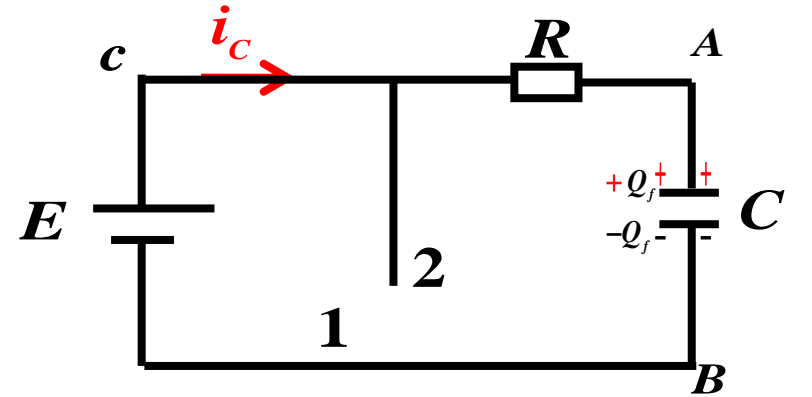
Une fois le condensateur complètement chargé on bascule l'interrupteur en position 2, un courant de décharge $i_d = -dq/dt$ apparaît dans la maille RC.



Charge d'un condensateur.

Dans le montage ci-contre, au moment où l'interrupteur se ferme sur la position 1, le condensateur étant non chargé, la tension E tend à faire passer un courant de charge i_c qui, maximum au début, va en s'atténuant à mesure que la charge Q augmente sur la plaque et s'annule lorsque $V_A - V_B = Q/C$ atteint la valeur de E .

Ce courant ne traversera pas d'une armature à l'autre car rappelez-vous ces armatures sont électriquement isolées (il y a un isolant entre les deux).



$$\text{pour } t = 0 : V_A - V_B = 0$$

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

$$\text{pour } t \rightarrow \infty : V_A - V_B = \frac{Q_f}{C}$$

Q_f : charge finale

Équation différentielle régissant la charge

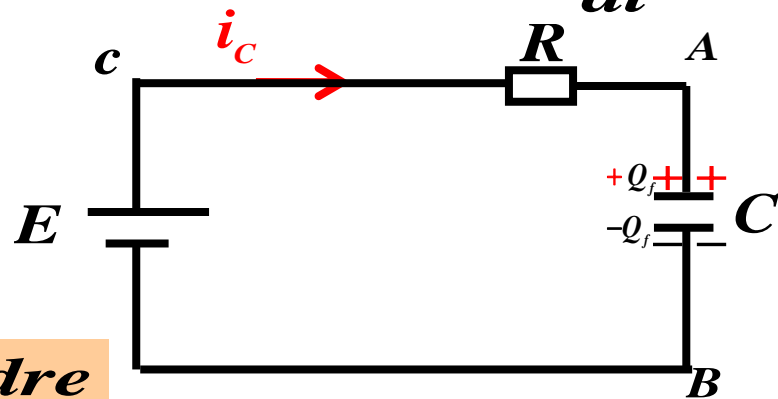
équation de la maille : $V_A - V_A = 0$

$$V_A - V_A = (V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_A)$$

$$0 = \frac{q}{C} - E + R i_c$$

$$0 = \frac{q}{RC} - \frac{E}{R} + \frac{dq}{dt}$$

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



équation différentielle du 1^{er} ordre

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = \frac{E}{R} \quad \text{avec } \tau = RC$$

Résolution de l'équation différentiel

On aboutit donc à une équation différentielle du premier ordre avec second membre, admet **pour solutions**:

Première solution, **particulière** $q(t) = C^{st}$: $q_1(t) = Q_f = EC$

Deuxième solution, **sans second membre**: $\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = 0 \Rightarrow q_2(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$

Solution générale: $q(t) = q_1(t) + q_2(t)$ $q(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + Q_f \Rightarrow q(t) = Q_f \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$

Condition aux limites, à $t=0$, $q(0)=0$: $0 = A + Q_f \Rightarrow A = -Q_f$


Résolution de l'équation différentiel

$$RC \frac{dq}{dt} + (q - EC) = 0 \Rightarrow dX = dq$$

on pose $(q - EC) = X$

$$RC \frac{dX}{dt} + X = 0 \Rightarrow \frac{dX}{X} = -\frac{dt}{RC}$$

$$\ln X = -\frac{t}{RC} + C^{te}$$


$$X = e^{-\frac{t}{RC} + C^{te}} = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$$


Équation de Charge d'un condensateur.

équation différentielle du 1^{er} ordre

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = \frac{E}{R} \quad \text{avec } \tau = RC$$

Solution générale

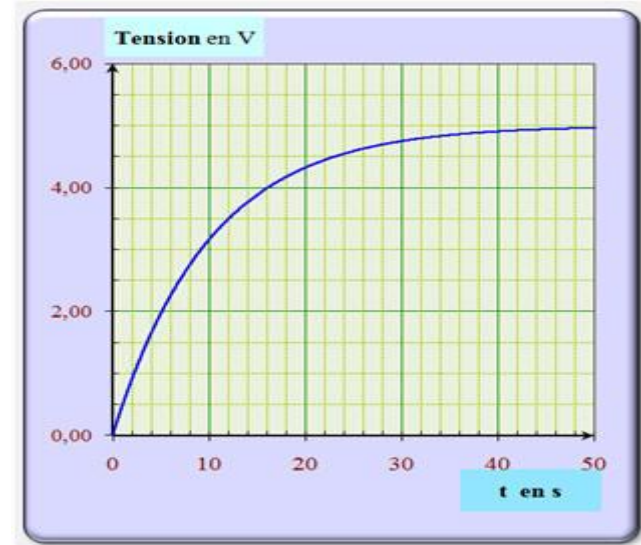
$$q(t) = Q_f \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (\text{avec } Q_f = EC)$$

Visualisations de l'équation de charge

Cette courbe représente les variations de la tension aux bornes d'un condensateur en fonction du temps lors de sa charge. La constante de temps du circuit vaut RC .

$$\bullet V_c(t) = \frac{q(t)}{C} = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

avec $\tau = RC$



Évolution de l'équation $V_c(t)$

$$\bullet V_c(\tau) = E(1 - e^{-1}) = 0.63E$$

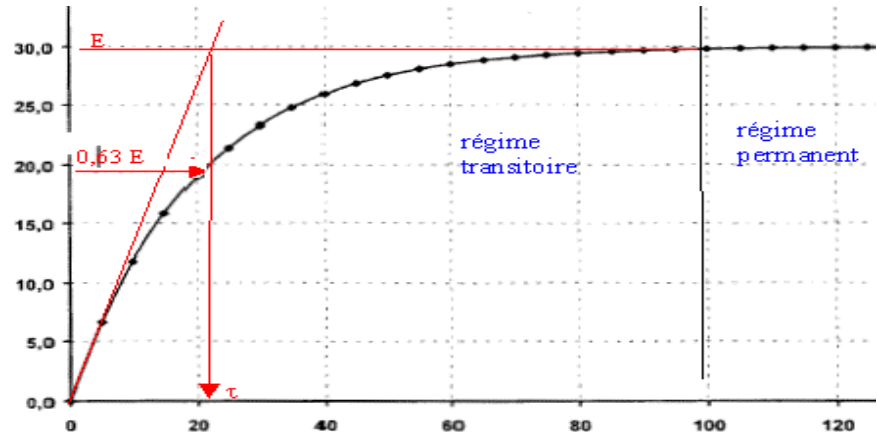
$$\bullet V_c(2\tau) = E(1 - e^{-2}) = 0.86E$$

$$\bullet V_c(3\tau) = E(1 - e^{-3}) = 0.95E$$

$$\bullet V_c(5\tau) = E(1 - e^{-5}) = 0.99E$$

La tension $V_c(t)$ sera donnée par une exponentielle qui "part" de 0 et qui tend vers E .

La tangente à l'origine de la courbe, coupe l'ordonnée V_∞ (E)(asymptote) en $t = \tau$.
La charge finale du condensateur est atteinte pour $t = 5\tau$.



Charge finale du condensateur

$$q(t_1) = 0,99Q_f = Q_f \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right)$$

$$\swarrow \quad \searrow$$
$$0,99 = 1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}$$

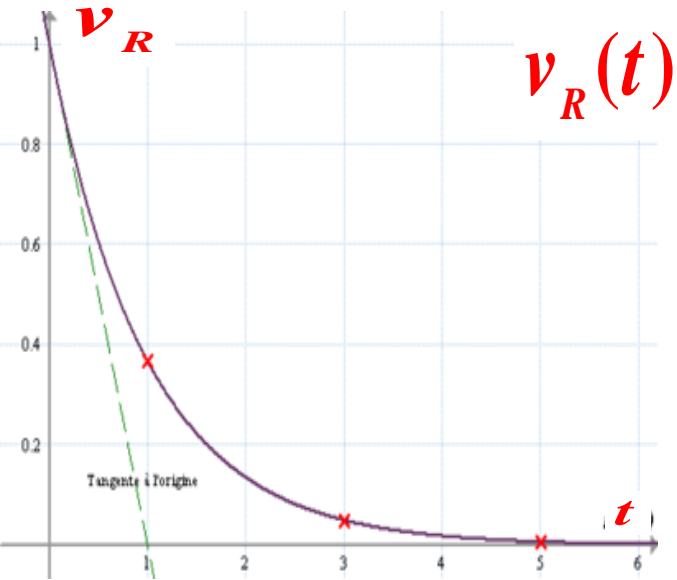
$$\Downarrow$$
$$0,01 = e^{-\frac{t_1}{\tau}} \Rightarrow \ln 0,01 = -\frac{t_1}{\tau}$$

$$\Downarrow$$
$$t_1 = -\tau \ln 0,01 = 4,6\tau$$

Déterminer en fonction de τ l'expression du temps t_1 à partir duquel la charge du condensateur diffère de moins de 1 % de sa charge finale Q_f .

En conclusion pour Au bout de $t = 5\tau$,
le condensateur aura atteint sa charge finale.

Visualisations de l'équation du courant



Équation du courant de charge d'un condensateur.

Le courant de charge est

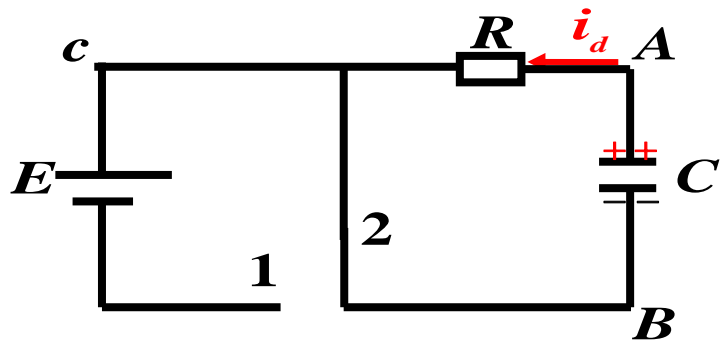
$$i_C = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_C = \frac{dq}{dt} = Q_f \frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\Rightarrow i_C(t) = I_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{avec : } I_{\max} = \frac{E}{R} \text{ et } \tau = RC$$

$$v_R = R i_C = E e^{-\frac{t}{\tau}}$$



Décharge d'un condensateur

En commutant l'interrupteur sur la position 2: on obtient i_d

De plus lors de la décharge: $i_d = -\frac{dq}{dt}$

Le signe moins car la charge q est négatif, et le courant doit être positif.

équation de la maille : $V_A - V_A = 0$

$$V_A - V_A = V_A - V_R + V_B - V_A$$

$$0 = \frac{q}{C} - R i_d = \frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt}$$

On aboutit donc à une équation différentielle du premier ordre sans second membre

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = 0$$

$$\tau = RC$$

Solution de l'équation différentielle

$$q(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} : \text{ avec } \tau = RC$$

et en utilisant la condition initial: $\text{à } t = 0 \quad q(0) = Q_0 \Rightarrow A = Q_0 = EC$

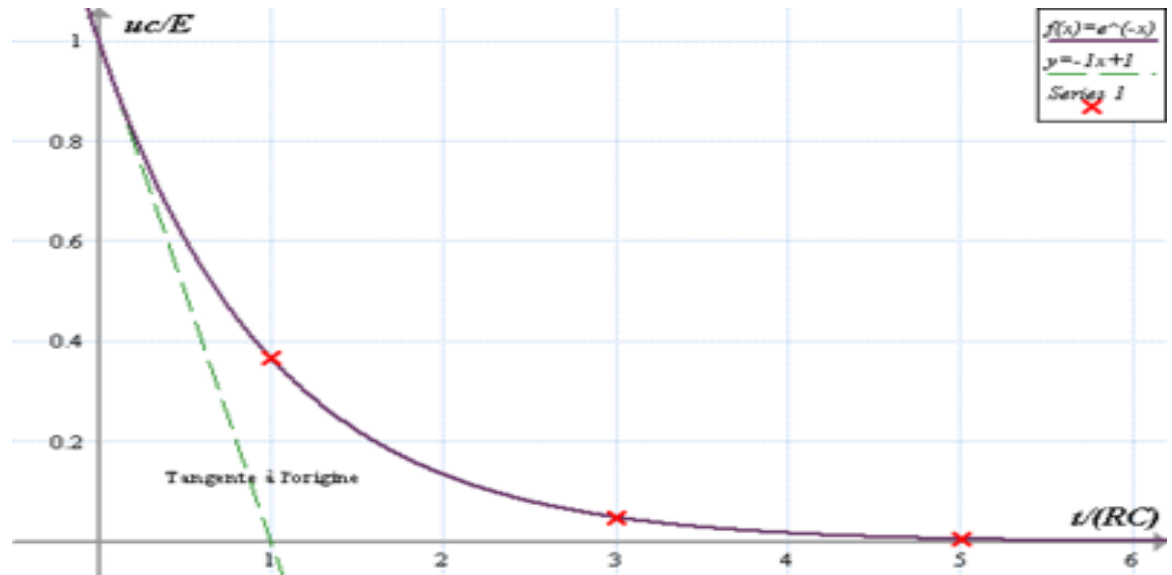
$$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$
$$\tau = RC, Q_0 = EC$$

Le courant de décharge est $i_d = -\frac{dq}{dt} = -Q_0 \left(-\frac{1}{\tau} \right) e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$i_d(t) = -\frac{dq}{dt} = I_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}}$$
$$\text{avec } I_{\max} = \frac{E}{R} \text{ et } \tau = RC$$

Évolution de l'équation de décharge

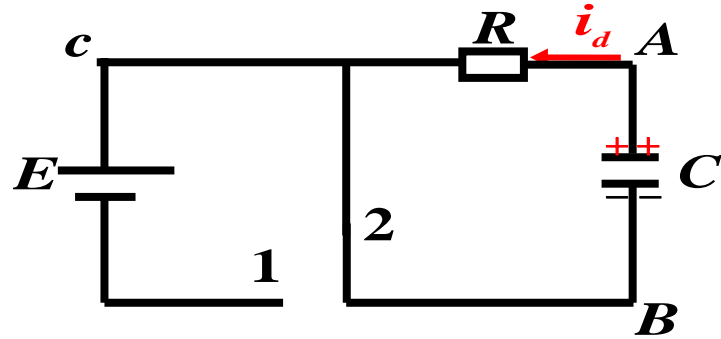
$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = Ee^{-\frac{t}{\tau}} : \text{avec } \tau = RC$$



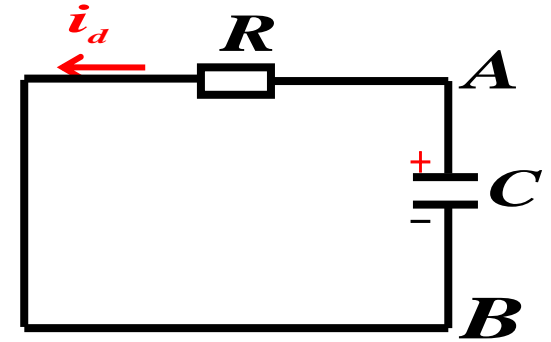
FIN

Décharge d'un condensateur

En commutant l'interrupteur sur la position 2:
on obtient i_d

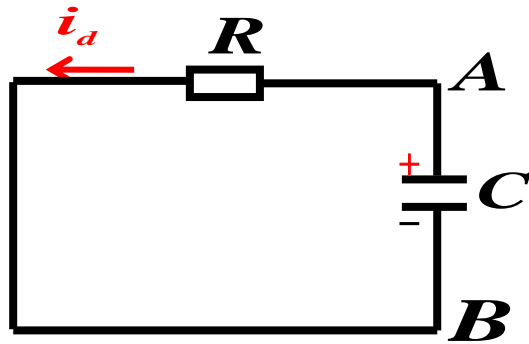


décharge d'un condensateur



De plus lors de la décharge: $i_d = - \frac{dq}{dt}$

Le signe moins car la charge q est négatif, et le courant doit être positif.



décharge d'un condensateur.

équation de la maille : $V_A - V_A = 0$

$$V_A - V_A = V_A - V_B + V_B - V_A$$

$$0 = \frac{q}{C} - R i_d = \frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt}$$

On aboutit donc à une
équation différentielle du
premier ordre sans second
membre

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = 0$$

$$\tau = RC$$

Résolution de l'équation différentiel

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0$$

En faisant une séparation des variables on obtient:

$$\frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC}$$

L'intégration de cette équation donne :

$$\ln q = -\frac{t}{RC} + C^{te}$$

$$q(t) = e^{-\frac{t}{RC} + C^{te}} = Ae^{-\frac{t}{\tau}} \text{ avec } \tau = RC$$

Équation de décharge d'un condensateur.

$$q(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} : \text{ avec } \tau = RC$$

et en utilisant la condition initial:

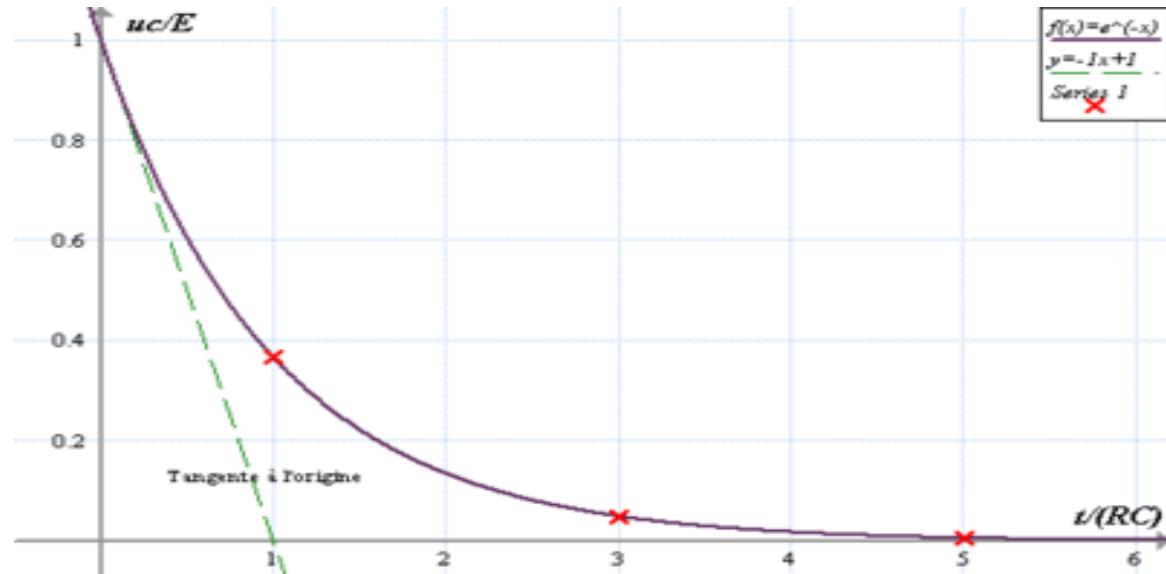
$$\text{à } t = 0 \quad q(0) = Q_0 \Rightarrow A = Q_0 = EC$$

L'équation de la
décharge s'écrit
sous la forme:

$$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \\ \tau = RC, Q_0 = EC$$

Évolution de l'équation de décharge

$$V_c(t) = \frac{q(t)}{C} = E e^{-\frac{t}{\tau}} : \text{avec } \tau = RC$$



Équation du courant de décharge d'un condensateur.

Le courant de décharge est

$$\mathbf{i_d} = -\frac{dq}{dt} = -Q_0 \left(-\frac{1}{\tau} \right) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i_d(t) = -\frac{dq}{dt} = I_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{avec } I_{\max} = \frac{E}{R} \text{ et } \tau = RC$$

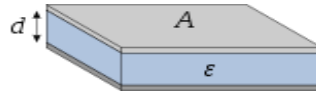
Conclusion

Le condensateur est sans doute l'un des composants les plus utilisés en électronique. Plus sérieusement le condensateur possède plusieurs propriétés toutes très intéressantes. Passons en revue quels sont les rôles que joue le condensateur dans un montage électronique :

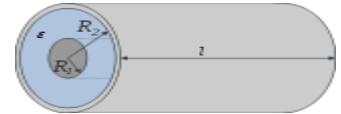
- Accumulateur d'énergie
- Filtre antiparasites
- Évite les discontinuités de tension
- Mémoire
- Temporisateur
- Lissage de tension

Les familles de condensateurs

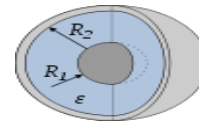
Il existe bien évidemment plusieurs technologies de fabrication généralement suivant l'un des trois modèles de condensateurs suivants :



Condensateur plan



Condensateur cylindrique



Condensateur sphérique

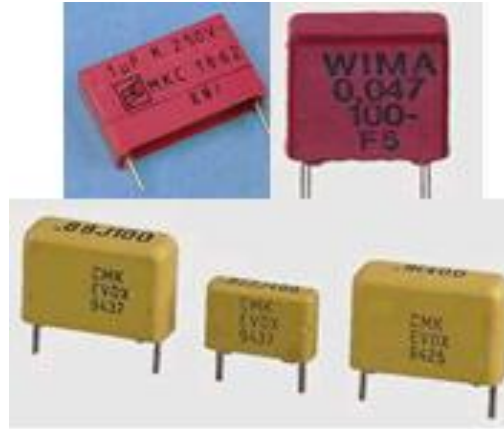
Les condensateurs non polarisés

Les condensateurs non polarisés

Ce sont des condensateurs dont le sens de branchement dans un circuit importe peu. Chacune de ces deux bornes peut être reliée à une tension positive ou négative.



Les condensateurs polyester



Voici quelques caractéristiques :

- Valeur nominale : de 1nF à 250μF.
- Tolérance : de 1% à 20%.
- Tension de service : de 40V à 10000V.
- Résistance d'isolement : de 10^9 à 10^{12} ohms.

Utilisation : - condensateurs de liaison et de découplage, circuit antiparasites.

Ils ont une très bonne stabilité en fréquence et un excellent comportement en régime impulsionnel.

Ils sont entre autres utilisés pour faire des condensateurs de précision.

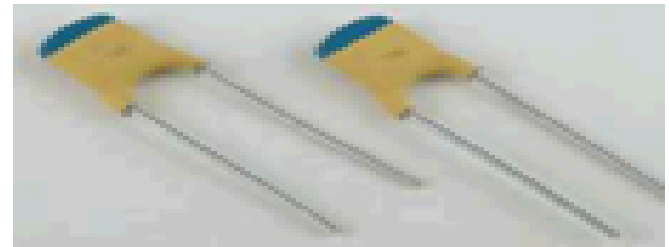
Les condensateurs polypropylène



- Valeur nominale : de 0,1nF à 250μF.
- Tolérance : de 10% à 20%.
- Tension de service : de 160V à 3500V.
- Résistance série très faible.
- Utilisation pour des circuits en régimes impulsionnels, alimentation à découpages

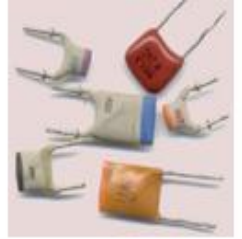
Les condensateurs polystyrène

Ils sont très appréciés pour leur très grande stabilité et sont utilisés essentiellement à haute température (155°C). Leur comportement en régime impulsionnel est excellent.



La céramique utilisée est de la Stéatite, du bioxyde de titane ou du strontium.

Condensateurs à céramiques *Stéatite*



- Valeur nominale : de 1pF à 2nF.
- Tolérance : de 2% à 20%.
- Tension de service : de 25V à 1000V.
- Résistance d'isolement : de 10^{11} ohms.
- Utilisation en fréquence : de 20kHz à 50MHz.
- Utilisation en HF pour les circuits d'accord (recherche de stations radio), les circuits de liaison.



Condensateurs à électrolytes chimiques (polarisés)



Ces condensateurs sont fabriqués essentiellement pour leur forte capacité qui peut atteindre le Farad ! Bien évidemment, plus leur capacité est grande, plus leur prix également. Ces des condensateurs à céramiques *Baryum*.

- Valeur nominale : **de 100pF à 0,47µF.**
- Tolérance : **de 20% à 50%.**
- Tension de service : **de 25V à 1000V.**
- Résistance d'isolement : **109 ohms.**
- Utilisation en fréquence : **de 50Hz à 50MHz.**
- Utilisation : les circuits de liaison et de découplage.

Capacité et claquage

Cette sous-partie n'est pas nécessaire à la compréhension du cours, c'est un complément sur les différentes technologies des condensateurs. Vous pourrez y trouver des informations utiles si vous avez besoin de savoir quel condensateur utiliser pour vos montages électroniques.

il y a tout intérêt à prendre **une épaisseur très faible** pour le diélectrique afin d'obtenir une plus **grande capacité avec des dimensions géométriques petites**. **En contrepartie, le condensateur ne pourra plus supporter de grandes tensions à ses bornes**. Voilà une belle occasion pour parler du phénomène de claquage sans que cela vous pousse à vous demander pourquoi on en parle.

Capacité et claquage

Tout isolant a une capacité d'assurer l'isolation mais jusqu'à une certaine limite; cette limite est donnée sous la forme d'une tension, cette tension est appelée tension de claquage.

Autrement dit, si vous prenez un morceau fin en plastique, et que vous le mettiez entre les deux bornes d'un générateur de tension variable, et que vous augmentiez cette tension petit à petit, arrivé à une certaine valeur de cette tension l'isolant commence à perdre sa propriété isolante jusqu'à devenir "**conducteur**", là très probablement vous allez court-circuiter le générateur. C'est ce qu'on appelle un claquage.

Le claquage est le passage de l'état isolant à l'état conducteur du diélectrique.

Accumulateur électrique

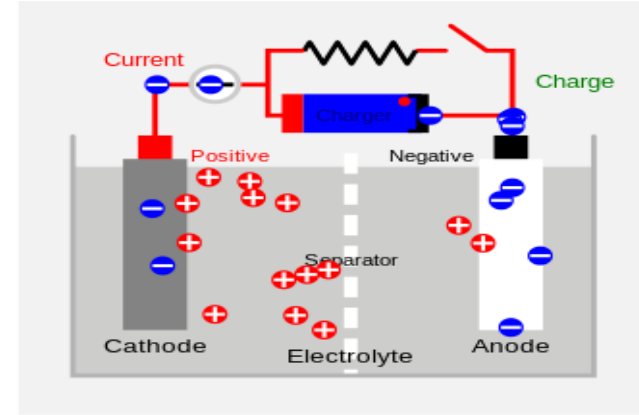
On distingue :

Les accumulateurs d'énergie convertissant l'énergie électrique dans une autre forme afin de la stocker (par exemple en [énergie cinétique](#)) et, la restituer ultérieurement ;

Les accumulateurs électriques fonctionnant selon les principes de l'[électrostatique](#) : [bouteille de Leyde](#), [condensateurs](#) ou [supercondensateur](#) ;

Les accumulateurs électriques fonctionnant selon les principes de l'[électrodynamique](#) : [circuit bobiné](#) ;

Les accumulateurs [électrochimiques](#), fonctionnant grâce aux réactions électrochimiques de leurs électrodes, qui assurent la conversion de l'**énergie électrique** en un processus chimique réversible.



Dynamo

La *dynamo* était utilisée pour produire l'électricité dans les automobiles jusque dans les années [1960](#)

La dynamo utilise pour son fonctionnement un principe appelé [induction électromagnétique](#). En faisant tourner une bobine dans le champ magnétique d'un aimant, on produit un courant électrique dans les fils de la bobine.