DIPOLE RC

1. INTENSITE DU COURANT ELECTRIQUE

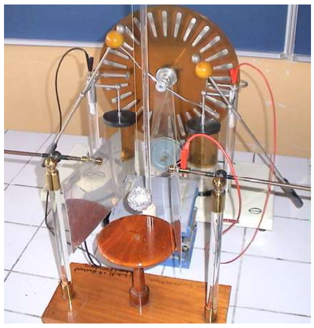
Un courant électrique correspond à un déplcement d'ensemble de charges électriques.

En régme permanent indépendant du temps, lorsqu'une quantité de charge électrique Q traverse une section de conducteur pendant une durée Δt, l'intensité I du courant est donnée par: $I = \frac{Q}{\Delta t}$

En régme variable, c'est-à-dire dépendant du temps, l'intensité du courant électrique varie.L'intensité i du courant est : $i = \frac{\delta q}{\delta d}$

2. DESCRIPTION D'UN CONDENSATEUR.

On réalise le montage ci-contre. On utilise une machine de Winshurst. On observe (par influence puis par contact) que la boule d'aluminium va osciller et cogner entre les deux plaques de métal.



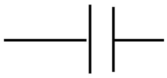
Il y a bien une accumulation de charges de signes opposés sur les deux plaques: on vient de réaliser un condensateur.

Dans les dispositifs électroniques il existe une grande variété de condensateurs.

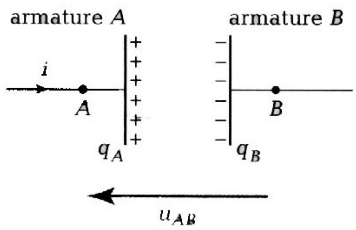
Un condensateur comporte deux armatures constituées de plaques ou de films métalliques planes séparées par un isolant appelé diélectrique.

Un condensateur à papier présente deux feuilles métalliques, les armatures, séparées par une feuille de papier paraffuné jouant le rôle de diélectrique (isolant).

Le symbole du condensateur correspond à une modélisation de ses éléments.



Un condensateur se charge lorsqu'il est soumis à une tension électrique. Un curant électrique circule, ce qui permet à des charges de signes opposés de s'accumuler sur chacne des surfaces conductrices. Un champ électrique apparaît alors entre les armatures.



Par la suite, la tension u_{AB} aux bornes du condensateur sera notée u_C pour alléger les notations

L'aptitude d'un condensateur à accumuler sur ses surfaces conductrices un grand nombre d charges électriques est appelée capacité.

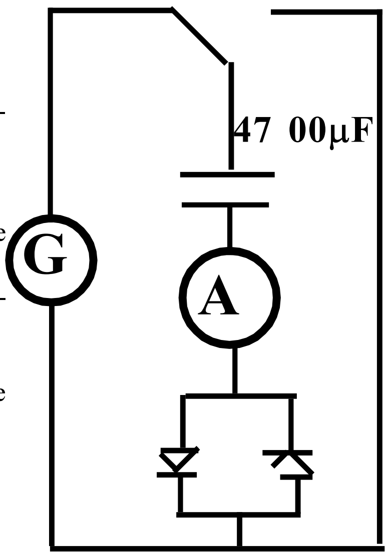
Notée C, elle caractérise un condensateur et s'exprime en farad .

A chaque instant, la charge q de l'armature positive est proportionnelle à la tension u aux borne du condensateur:

$q = C \times u$ q charge de l'armature A en coulombs (C)
C capacité en Farads (F)
u tensions en volts (V)   avec C la capacité du condensateur.

L'intensité est une grandeur algébrique:

- elle est comptée positivement si le courant circule dans le sens choisi;
- elle est négative si le courant circule dans l'autre sens.



Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, la lampe s'éclaire, puis s'éteint progressivement. Un courant transitoire apparaît dans le circuit.

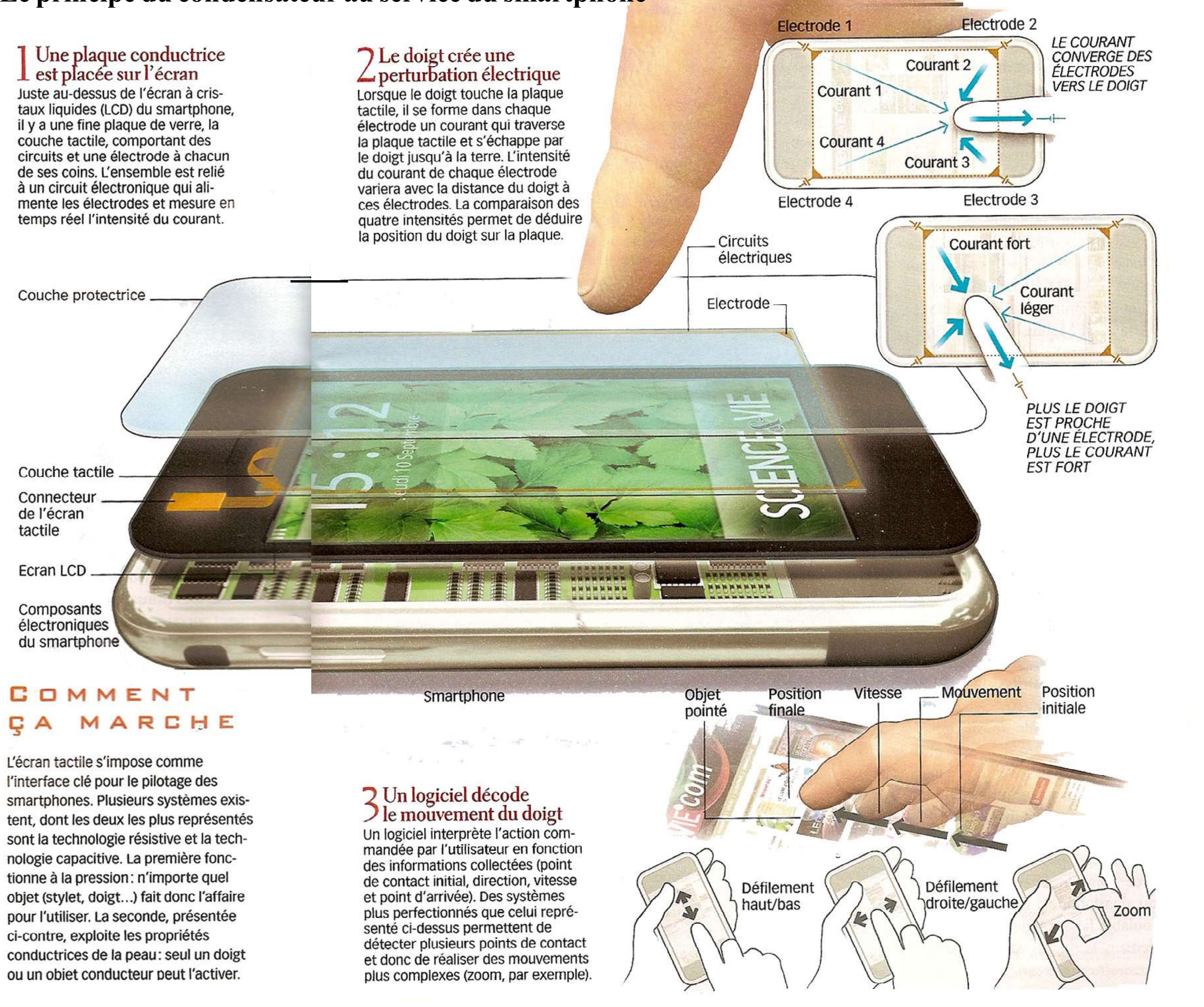
On dit que le condensateur se charge et la circulation des charges se traduit donc par:

- un déficit d'électrons sur l'armature A qui se charge positivement; nous notons q la charge portée par l'armature A;
- un excès d'électrons sur l'armature B qui se charge négativement, la charge totale des armatures étant toujours nulle. L'armature B porte donc la charge - q.

L'intensité du courant i qui arrive sur l'armature d'un condensateur portant la charge q est égale à la dérivée de la charge par rapport au temps: $i \quad \frac{dq}{dt}$

On en déduit $i = C \times \frac{d\,u_C}{d\,t}$

Le principe du condensateur au service du smartphone



1 Une plaque conductrice est placée sur l'écran
Juste au-dessus de l'écran à cristaux liquides (LCD) du smartphone, il y a une fine plaque de verre, la couche tactile, comportant des circuits et une électrode à chacun de ses coins. L'ensemble est relié à un circuit électronique qui alimente les électrodes et mesure en temps réel l'intensité du courant.

2 Le doigt crée une perturbation électrique
Lorsque le doigt touche la plaque tactile, il se forme dans chaque électrode un courant qui traverse la plaque tactile et s'échappe par le doigt jusqu'à la terre. L'intensité du courant de chaque électrode variera avec la distance du doigt à ces électrodes. La comparaison des quatre intensités permet de déduire la position du doigt sur la plaque.

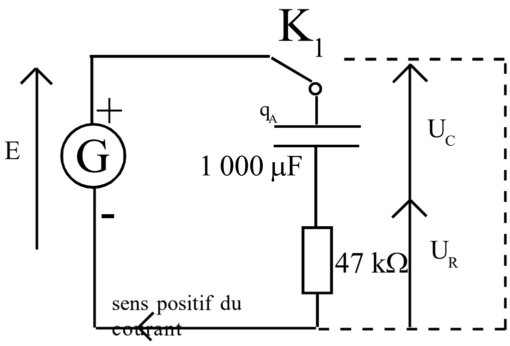
COMMENT ÇA MARCHE
L'écran tactile s'impose comme l'interface clé pour le pilotage des smartphones. Plusieurs systèmes existent, dont les deux les plus représentés sont la technologie résistive et la technologie capacitive. La première fonctionne à la pression : n'importe quel objet (stylet, doigt...) fait donc l'affaire pour l'utiliser. La seconde, présentée ci-contre, exploite les propriétés conductrices de la peau : seul un doigt ou un objet conducteur peut l'activer.

3 Un logiciel décode le mouvement du doigt
Un logiciel interprète l'action commandée par l'utilisateur en fonction des informations collectées (point de contact initial, direction, vitesse et point d'arrivée). Des systèmes plus perfectionnés que celui représenté ci-dessus permettent de détecter plusieurs points de contact et donc de réaliser des mouvements plus complexes (zoom, par exemple).

3. EVOLUTION DE LA TENSION AUX BORNES D'UN CONDENSATEUR.

3.1. CHARGE D'UN CONDENSATEUR PAR UN ECHELON DE TENSION E.

Equation différentielle au cours du régime transitoire.



En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit:

- Le signe de l'intensité i du courant lors de la charge est positif
- $u_R = R \times i$
- $q = C \times u_C$

$$\rightarrow i = \frac{dq}{dt} \quad \text{soit} \quad i = C \times \frac{d\,u_C}{dt} \quad \text{soit } u_R = RC\,\frac{d\,u_C}{dt}$$

- Par additivité des tensions: $u_R + u_C = u_{Générateur}$

Nous obtenons l'équation différentielle: $u_C + RC\,\dfrac{d\,u_C}{dt} = E$

Solution de l'équation différentielle.

La solution analytique de cette équation est de la forme $u_C = A(1 - e^{-t/\tau})$ soit $\dfrac{du}{dt} = \dfrac{A\ e^{-t/\tau}}{\tau}$

d'où en reportant dans l'équation différentielle: $u + RC\,\dfrac{du}{dt} = A - Ae^{-t/\tau} + \dfrac{A\,RC}{\tau}\,e^{-t/\tau} = E$ soit $(A - E) + A\left(\dfrac{RC}{\tau} - 1\right) e^{-t/\tau} = 0$

Ce qui implique $A - E = 0$, soit $A = E$ et $\tau = RC$

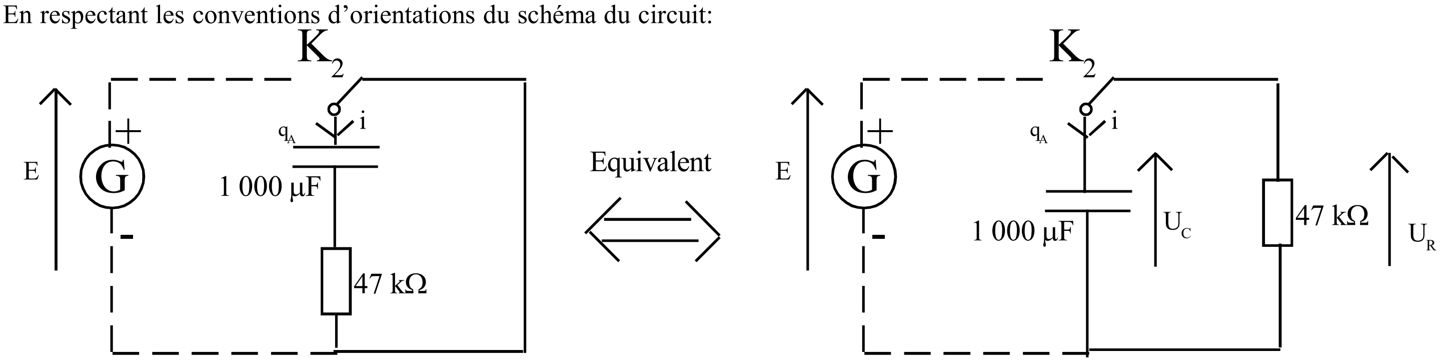
Finalement la solution de l'équation différentielle s'écrit $u_C = E\,(1 - e^{-t/\tau})$ avec $\tau = RC$

Interprétation physique. Dans l'expression précédente, si t tend ver l'infini alors $U_C(t)$ tend vers E. Ce résultat est en adéquation avec l'oscillogramme obtenu, puisque lorsque t tend vers l'infini, le régime eprmanent est atteint. La tension aux bornes du condensateur chargé tend vers alors une asymptote $U_C(t) = E$.

3.2. DECHARGE D'UN CONDENSATEUR PAR UN ECHELON DE TENSION NULLE.

Equation différentielle au cours du régime transitoire.

En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit:



- On conserve le sens positif imposé par le schéma.
- $u_R = - R \times i$
- $q = C \times u_C$

$\rightarrow \; i = \dfrac{dq}{dt}$ soit $i = C \times \dfrac{d\,u_C}{dt}$ soit $u_R = -\,RC\,\dfrac{d\,u_C}{dt}$

- On a l'égalité des tensions: $u_C = u_R$ Nous obtenons l'équation différentielle: $u_C + RC\,\dfrac{d\,u_C}{dt} = 0$

Solution de l'équation différentielle.

La solution analytique de cette équation est de la forme $u_C = A\,e^{-t/\tau}$ on en déduit $\dfrac{du}{dt} = -\dfrac{A}{\tau}\,e^{-t/\tau}$

d'où en reportant dans l'équation différentielle: $u + RC\,\dfrac{du}{dt} = A \times e^{-t/\tau} - \dfrac{A\,R\,C}{\tau}\,e^{-t/\tau} = 0$ soit $A\left(1 - \dfrac{RC}{\tau}\right) e^{-t/\tau} = 0$

Ce qui implique $\tau = RC$. .

Par ailleurs, en tenant compte des conditions initiales, on aura à t = 0, le condensateur est chargé, $u_C = E = A$.

Finalement la solution de l'équation différentielle s'écrit $u_C = E\,e^{-t/\tau}$ avec $\tau = RC$

Interprétation physique. Dans l'expression précédente, si t tend vers l'infini alors $U_C(t)$ tend vers 0. Ce résultat est en adéquation avec l'oscillogramme obtenu, puisque lorsque t tend vers l'infini, le régime permanent est atteint. La tension aux bornes du condensateur chargé tend vers alors une asymptote $U_C(t) = 0$.

4. EVOLUTION DE L'INTENSITE DU COURANT QUI CIRCULE DANS LE CIRCUIT.

4.1. AU COURS DE LA CHARGE DU CONDENSATEUR.

On rappelle la relation qui lie l'intensité i(t) du courant de charge et la tension u_C aux bornes du condensateur du condensateur.

$i = C \times \dfrac{d\,u_C}{dt}$ On en déduit l'expression de i(t), puisque $u_C = E\,(1 - e^{-t/t})$

soit $i = \dfrac{E}{R}\,e^{-t/t}$ de la forme $i(t) = D \times e^{-t/t}$, avec $D = \dfrac{E}{R}$

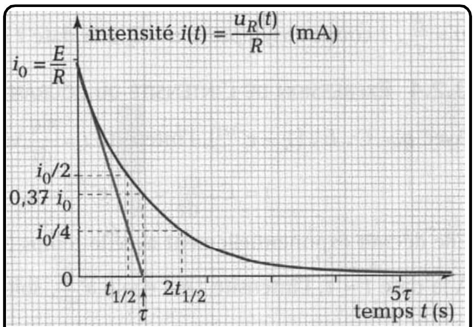


Schéma (2)

Aux bornes de la résistance du circuit, on peut visualiser directement les variations de la tension; soit indirectement les variations de l'intensité i(t) au cours du temps, puisque d'après la loi d'Ohm $u_R = R \times i$.

L'intensité du courant est maximale pour t = 0 et a pour valeur $i_{max} = \dfrac{E}{R}$ Cette valeur dépend de la résistance.

puis, diminue progressivement, pour atteindre, lorsque le condensateur est totalement chargé, la valeur de l'intensité du courant qui circule dans le circuit est nulle.

Interprétation physique. Lorsqu'on ferme un circuit comprenant un dipôle RC soumis à un échelon de tension, le courant traverse le circuit pendant la charge du condensateur, puis l'intensité s'annule: le condensateur ne laisse plus apsser le courant électrique.

4.2. AU COURS DE LA DECHARGE DU CONDENSATEUR.

On rappelle la relation qui lie l'intensité i(t) du courant de charge et la tension u_C aux bornes du condensateur du condensateur.

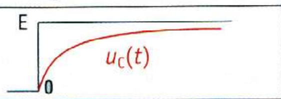
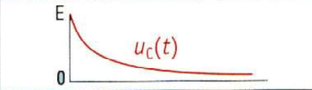
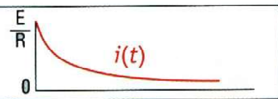
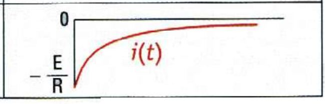
$$i = C \times \frac{d\,u_C}{dt}$$

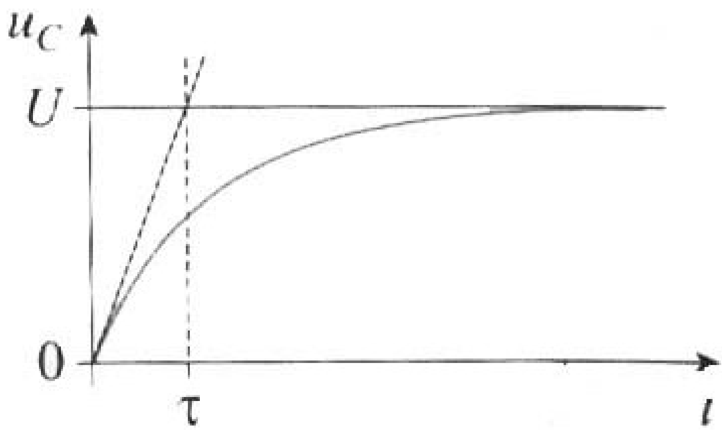
On en déduit l'expression de i(t), puisque $u_C = E\,e^{-t/\tau}$

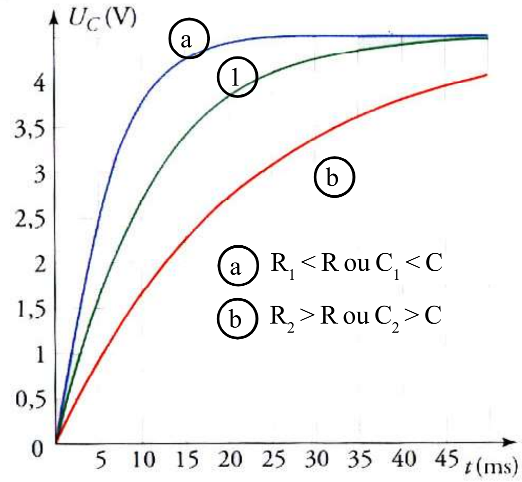
soit $i = -\frac{E}{R}\,e^{-t/\tau}$ de la forme $i(t) = G \times e^{-t/\tau}$, avec $G = -\frac{E}{R}$

Interprétation physique. Lorsqu'on ouvre un circuit comprenant un dipôle RC soumis à un échelon de tension, le courant traverse le circuit pendant la décharge du condensateur, puis l'intensité s'annule. Au cours de la décharge du condensateur, le courant passe dans le sens opposé à celui qu'il avait au cours de la charge.

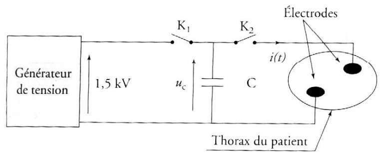
5. EN RESUME

	Charge du condensateur	Décharge du condensateur
Allure de la courbe $u_C(t)$		
Expression de $u_C(t)$	$u_C(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$	$u_C(t) = E\,e^{-\frac{t}{RC}}$
Expression de $i(t)$	$i(t) = \frac{E}{R}\,e^{-\frac{t}{RC}}$	$i(t) = -\frac{E}{R}\,e^{-\frac{t}{RC}}$
Allure de la courbe $i(t)$		



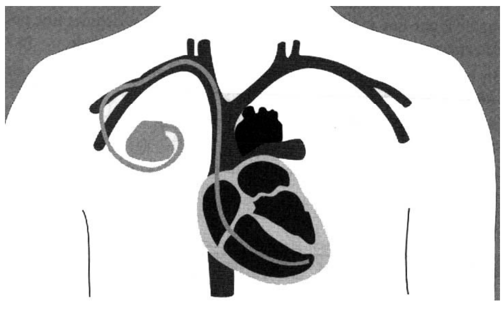


6. LES APPLICATIONS.



- le défibrillateur cardiaque est un appareil utilisé en médecine d'urgence. Il permet d'appliquer un choc électrique sur le thorax d'un patient, dont les fibres musculaires du coeur se contractent de façon désordonnée (fibrillation).
Il peut être représenté de façon simplifiée par le schéma suivant:
Lors de la mise en fonction du défibrillateur, le manipulateur obtient la charge du condensateur en fermant l'interrupteur K_1 (l'interrupteur K_2 étant ouvert).
Dès que le condensateur C est chargé, le manipulateur peut envoyer le choc électrique en connectant le condensateur aux electrodes posées sur le thorax du patient. il choisit alors le niveau d'énergie du choc électrique qui sera administré au patient.

Un flash électronique est alimenté par deux piles de 1,5 V. Par un dispositif électronique on élève la tension qui permet de charger un condensateur.



Le stimulateur cardiaque. Lorsque le coeur ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant des petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes. Il peut être modélisé par un condensateur qui se charge, grâce à une pile, très rapidement. Un transistor joue le rôle de l'interrupteur qui, lorsqu'il bascule dans le mode de décharge, permet au condensateur de se décharger lentement. A cet instant, on envoie une impulsion électrique vers les sondes qui la transmettent en coeur: on obtient alors un battement. Et ainsi de suite...