

Comportement dynamique d'un circuit électrique



Introduction

1) L'intensité d'un courant électrique

1-1) Courant continu

1-2) Courant variable

2) Le modèle du condensateur

3) Le circuit RC

3-1) Charge et décharge d'un condensateur

3-1-1) Approche théorique

3-1-2) Approche expérimentale

3-2) Constante de temps

4) Applications

En 1746 Pieter van Musschenbroek invente le premier condensateur ou La bouteille de Leyde.

« Je veux vous communiquer, écrit Musschenbroek, une expérience nouvelle, mais terrible, que je vous conseille de ne point tenter vous-même.



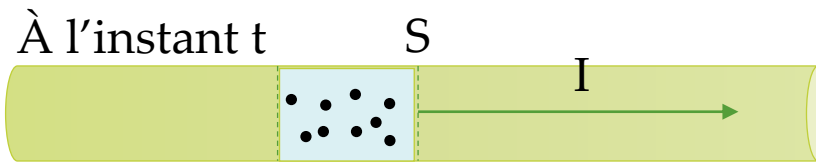
1) L'intensité d'un courant électrique

1-1) Courant continu

L'intensité du courant électrique I a déjà été vue en courant continu.

On avait écrit :

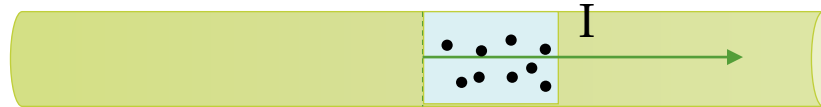
$$Q = I \cdot \Delta t$$



Charge électrique Q



À l'instant $t + \Delta t$



Au bout d'une durée Δt La charge Q aura traversée la section S d'un conducteur électrique.
On a alors

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

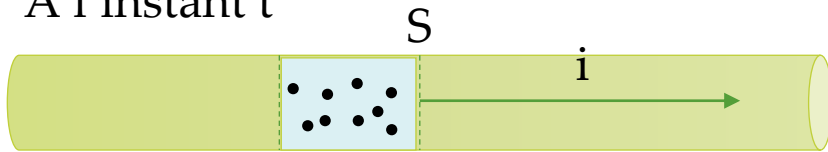
En courant continu , à chaque instant t , I a la même valeur et la formule s'applique quelle que soit la durée Δt

1-2) Courant variable

La notion précédente peut être généralisée en régime variable c'est-à-dire lorsque i varie avec le temps.

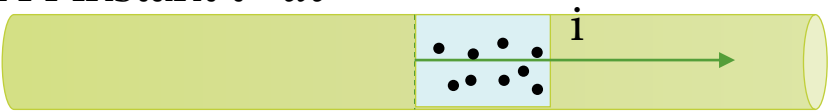
Pendant une durée dt infiniment petite i peut être considéré comme constant.

À l'instant t



$$i(t) = \pm \frac{dq(t)}{dt}$$

À l'instant $t + dt$



On écrira souvent

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

La charge q peut être croissante ou décroissante.

Sa dérivée peut donc être positive ou négative.

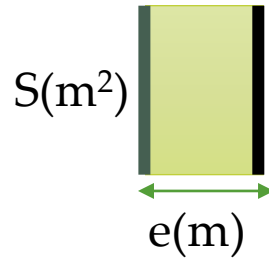
En choisissant convenablement le sens du courant on pourra écrire :

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

2) Le modèle du condensateur



Condensateur plan.
Il existe d'autres
géométries comme
le condensateur
cylindrique

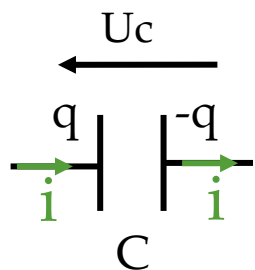


Deux conducteur métalliques séparées par un milieu diélectrique c'est-à-dire un matériau ne contenant pas de charges susceptibles de se déplacer forment un condensateur.

Un condensateur soumis à une tension électrique est caractérisé par sa capacité C qui s'exprime en Farad. Cette grandeur mesure son aptitude à accumuler (condenser) des charges électriques.

Symbole normalisé  $C = \varepsilon \frac{S}{e}$ ε est une constante qui dépend du diélectrique

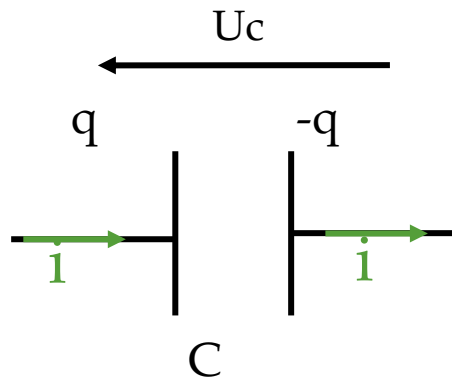
Le courant ne circulant pas dans le diélectrique les deux plaques ont toujours des charges opposées q et $-q$



$$q = C \cdot U_c$$

Avec ce sens positif pour le courant (« i arrive vers q »)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C \cdot U_c)}{dt} = C \frac{dU_c}{dt}$$



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

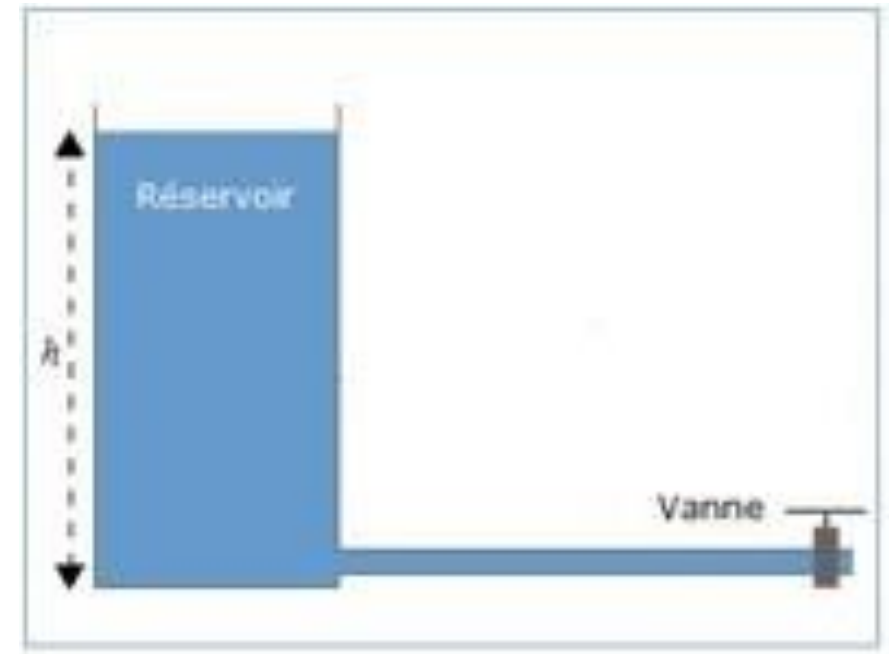
$$q = C \cdot U_c$$

$$i = C \frac{dU_c}{dt}$$

Pour une tension U_c donnée la charge accumulée est proportionnelle à U_c .

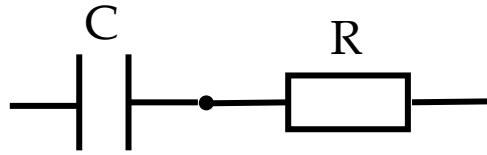
Physiquement il y a continuité de la charge ce qui implique donc aussi une continuité de la tension.

Il n'y a pas obligatoirement continuité de l'intensité du courant.



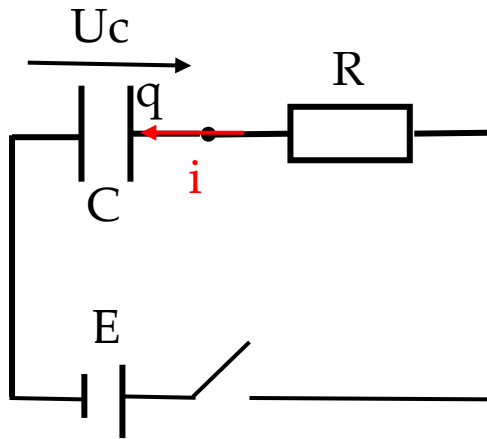
3) Le circuit RC

3-1) Charge et décharge d'un condensateur

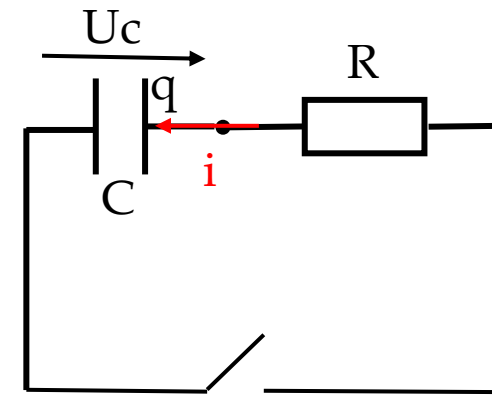


Le circuit RC est constitué de l'association en série d'une résistance R et d'un condensateur C . Nous allons étudier la charge puis la décharge d'un condensateur.

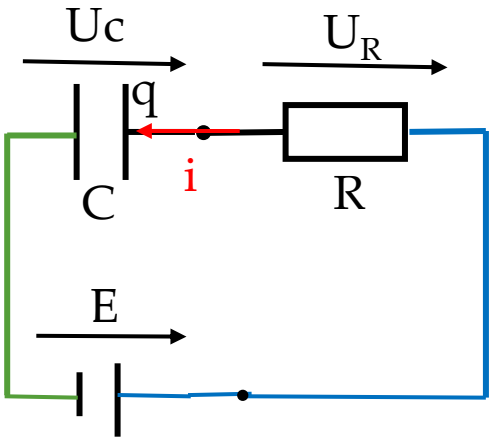
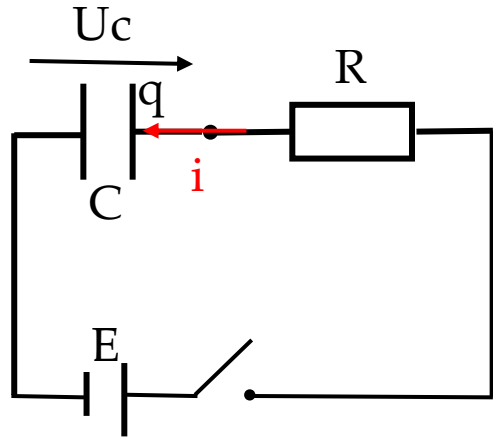
Circuit de charge le condensateur



Circuit de décharge le condensateur



3-1-1) Approche théorique



Le condensateur est initialement déchargé à savoir :

$$q = 0 \text{ et } U_C = 0$$

À $t=0$ on ferme l'interrupteur

D'après la loi des mailles

$$U_C + U_R = E$$

$$U_R = Ri$$

$$i = C \frac{dU_C}{dt}$$

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

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC} U_C = \frac{E}{RC}$$

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

math

Equation différentielle de la forme:
 $y'(x) + ay(x) = b$

$$y(x) = \frac{b}{a} + ke^{-ax} \quad k \in \mathcal{R}$$

Equation différentielle

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{RC} U_c = \frac{E}{RC}$$

Solution particulière de l'équation avec second membre

$$U_c = k$$

$$\frac{dk}{dt} + \frac{1}{RC} k = \frac{E}{RC}$$

$k=E$ (régime permanent)

$$\frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{RC} U_c = 0$$

Solution générale de l'équation sans second membre

$$U(t) = k_1 \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$U_c(t) = E + k_1 \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$$

Condition initiale

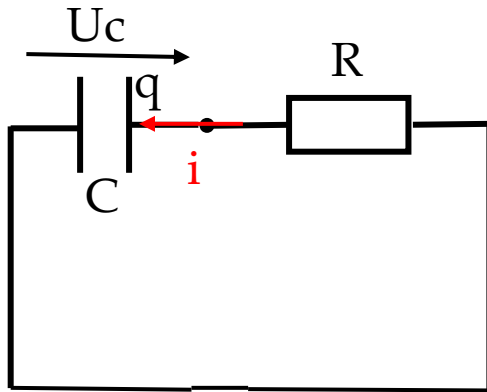
$$\text{À } t=0 \quad U_c = 0$$

$$U_c(0) = E + k_1 = 0$$

$$\text{D'où } k_1 = -E$$

$$U_c(t) = E - E \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$$

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



Le condensateur est initialement chargé à savoir :
 $U_C(0) = E$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_C + U_R = 0 \\ U_R = Ri \\ i = C \frac{dU_C}{dt} \end{array} \right.$$

$$U_C + RC \frac{dU_C}{dt} = 0$$

$$\frac{dU_C}{dt} + \frac{1}{RC} U_C = 0$$

Equation différentielle de la forme $y' + ay = 0$

$$U_C(t) = k2. e^{\frac{-t}{RC}}$$

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

3-1-2) Approche expérimentale



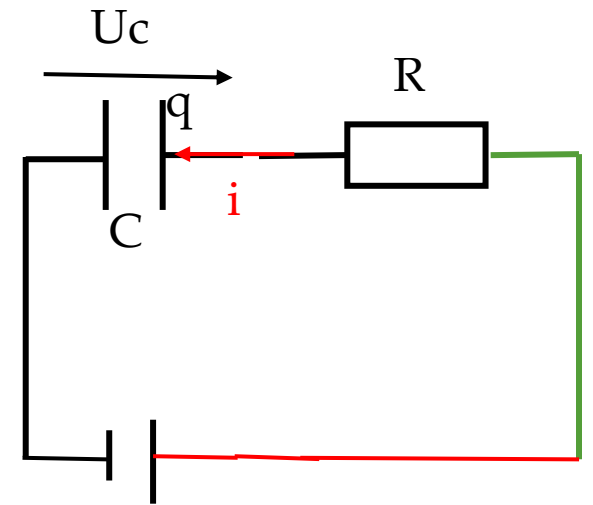
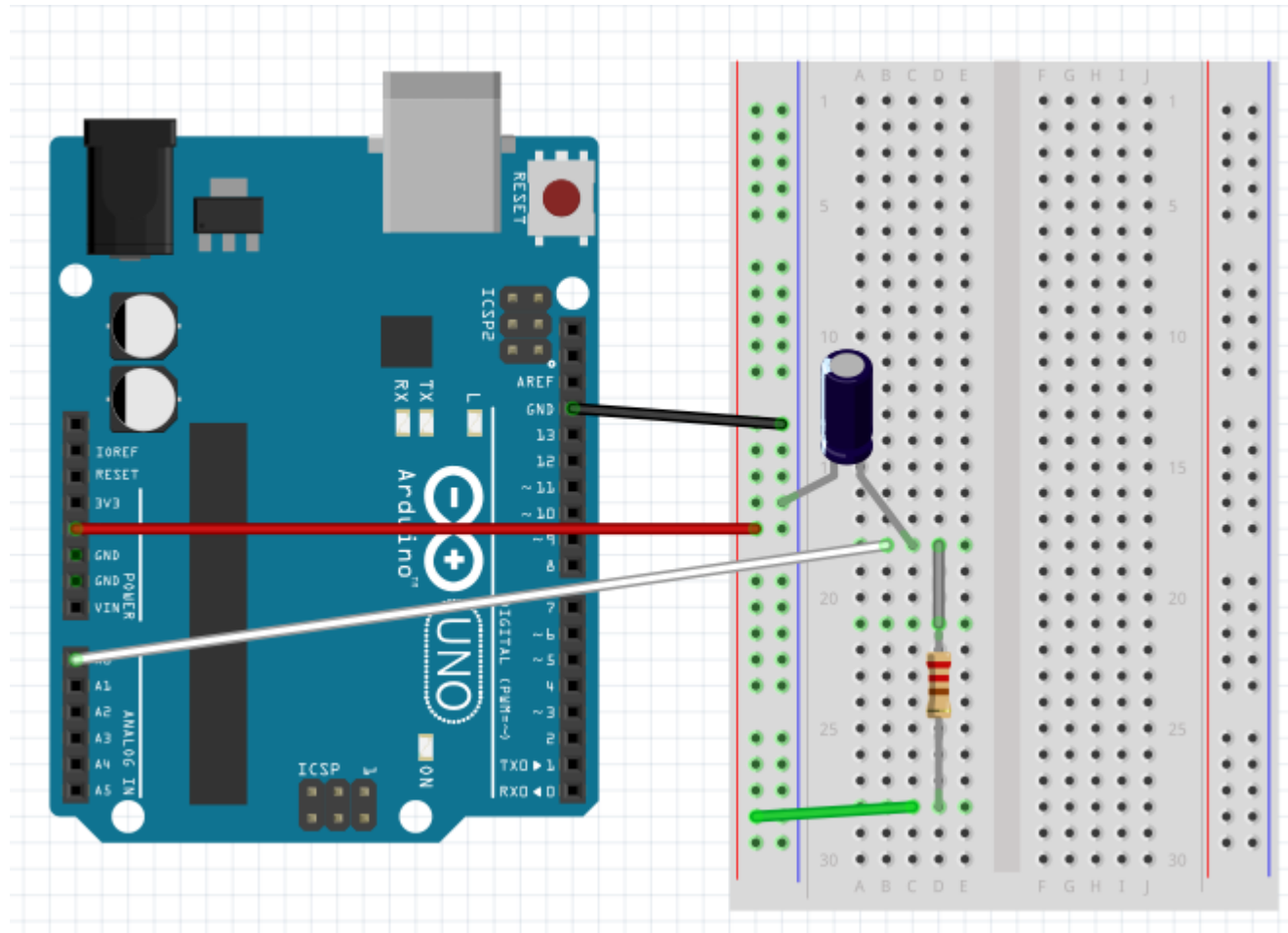
Condensateur électrolytique polarisé à sorties radiales.
Valeur: 100 μ F
Tolérance: -20% / +20%

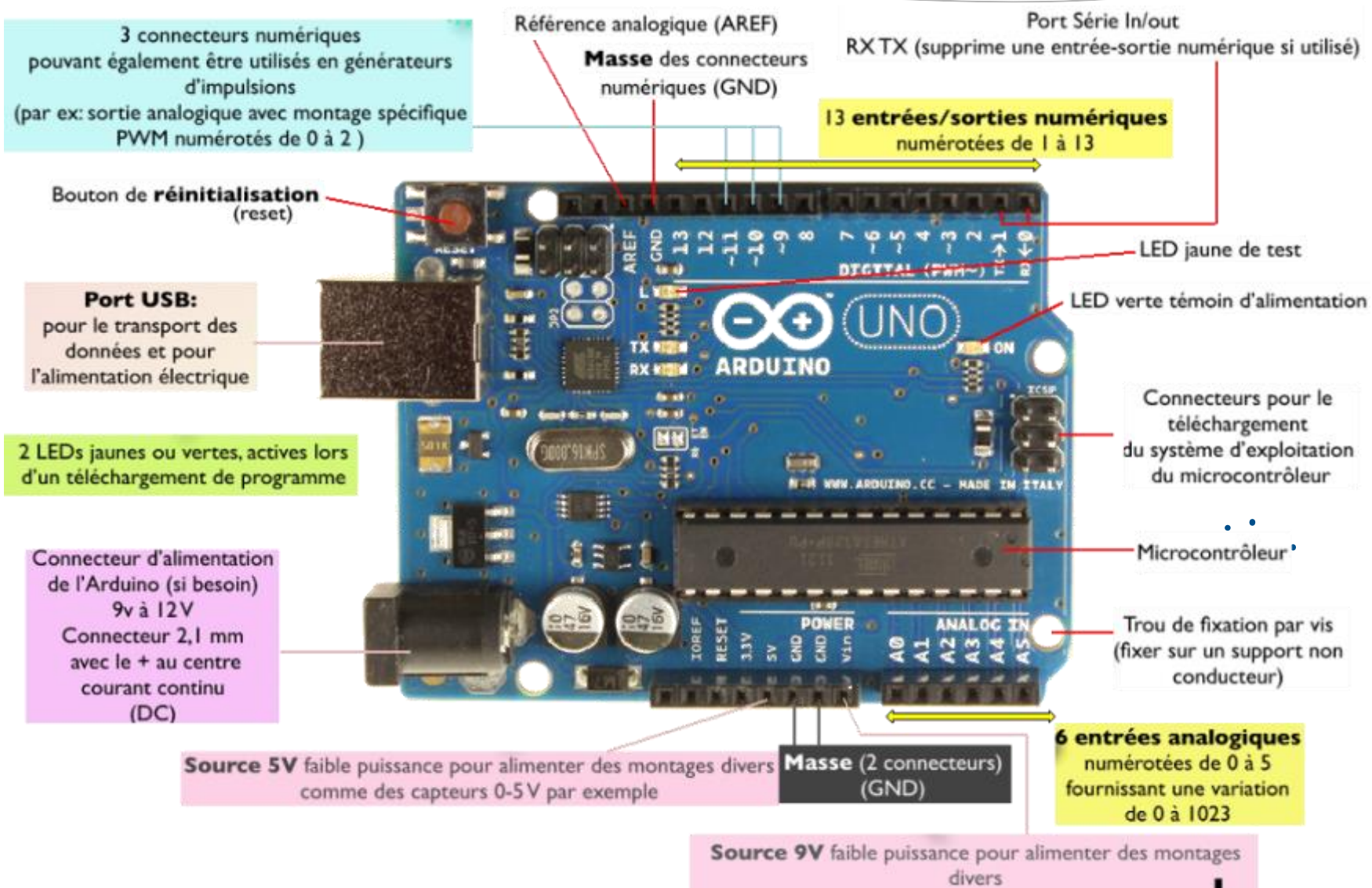


39K Ohm 0.25W Carbon Film Resistor (CFR)
with $\pm 5\%$ Tolerance.

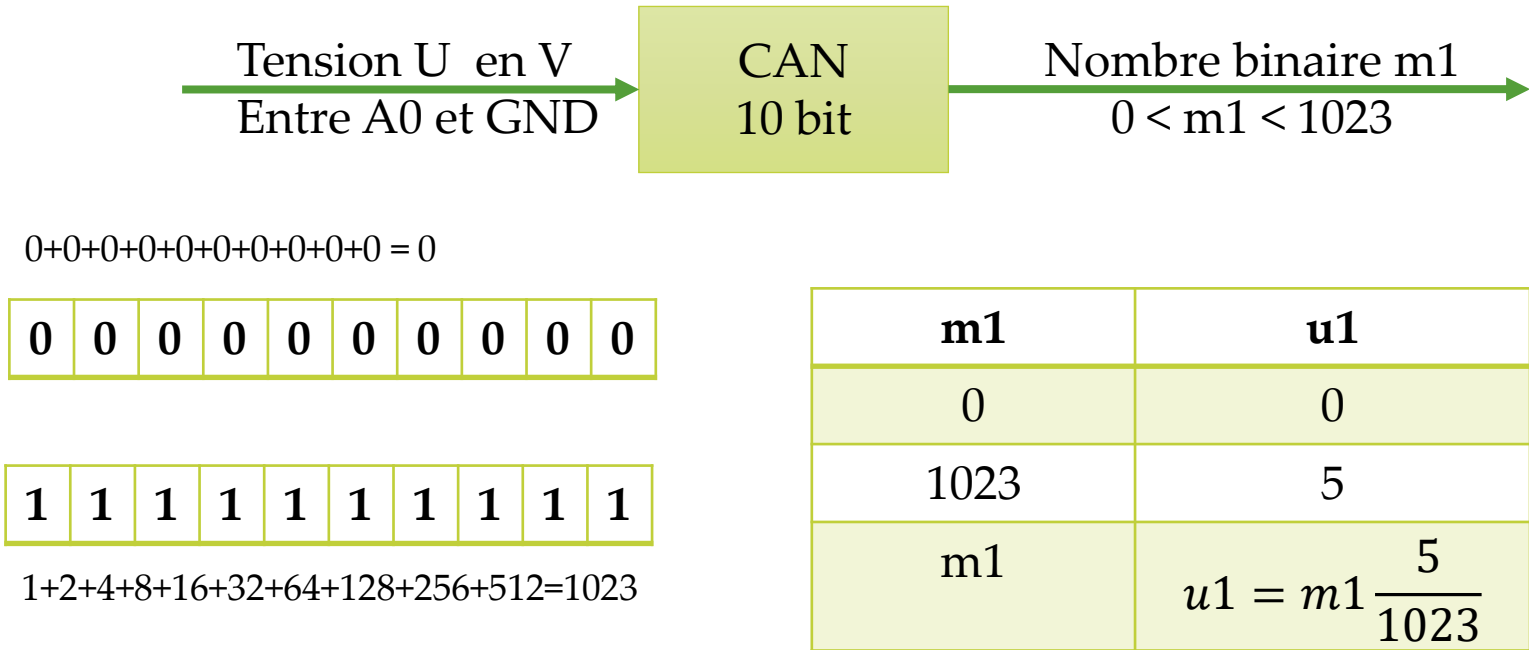
Le circuit RC

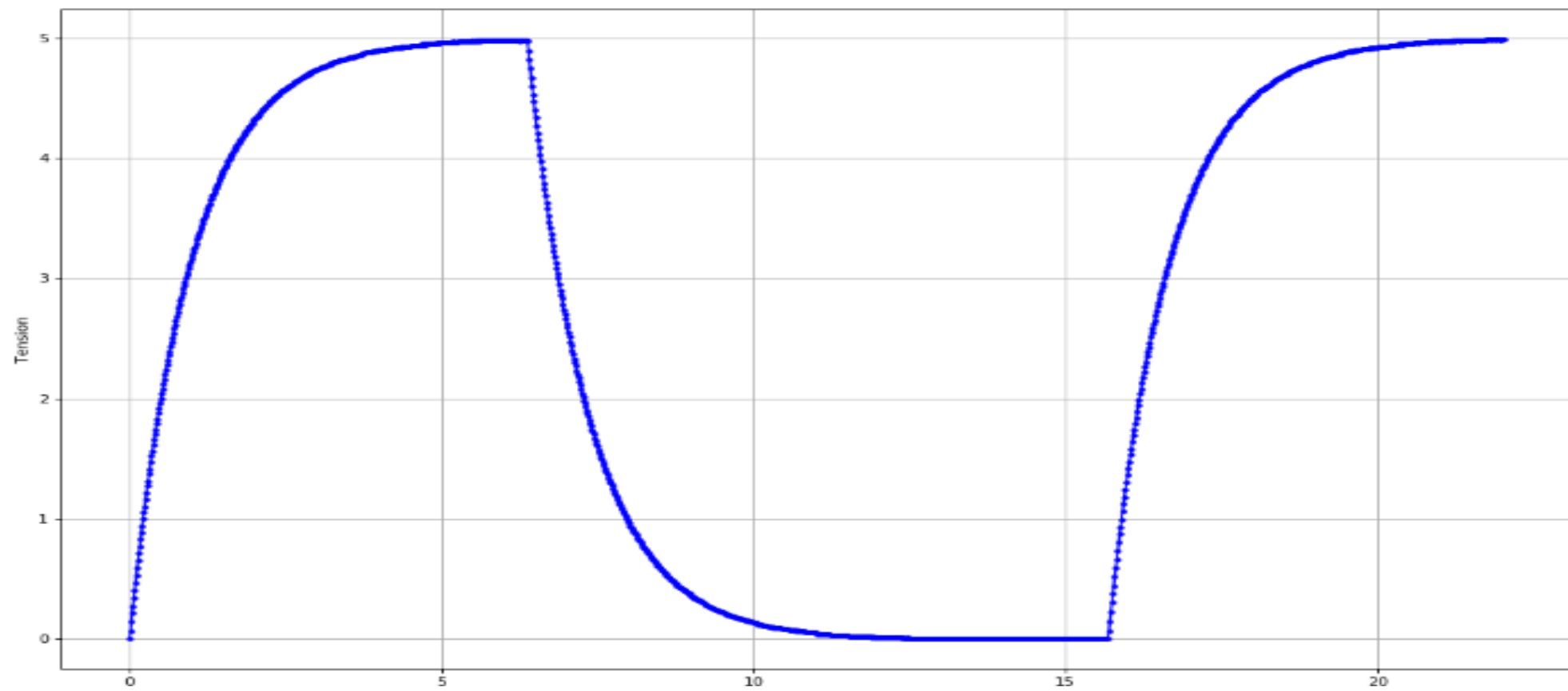
Charge et décharge d'un condensateur





Pour mesurer une tension nous allons fabriquer un voltmètre avec une carte arduino pour pouvoir mesurer la tension aux bornes du condensateur par la suite.
Sur l'entrée analogique A0 il y a un convertisseur analogique numérique (can) 10 bit





3-2) Constante de temps

La constante de temps est homogène à un temps .Elle caractérise la rapidité d'évolution dans le temps d'une grandeur physique.

La relation ci-dessous montre que le produit RC est homogène à un temps. C'est la constante de temps τ du circuit RC

$$U_c = RC \frac{dU_c}{dt}$$

$$\tau = RC$$

Charge du condensateur

A partir de $U_c=f(t)$ on peut déterminer τ :

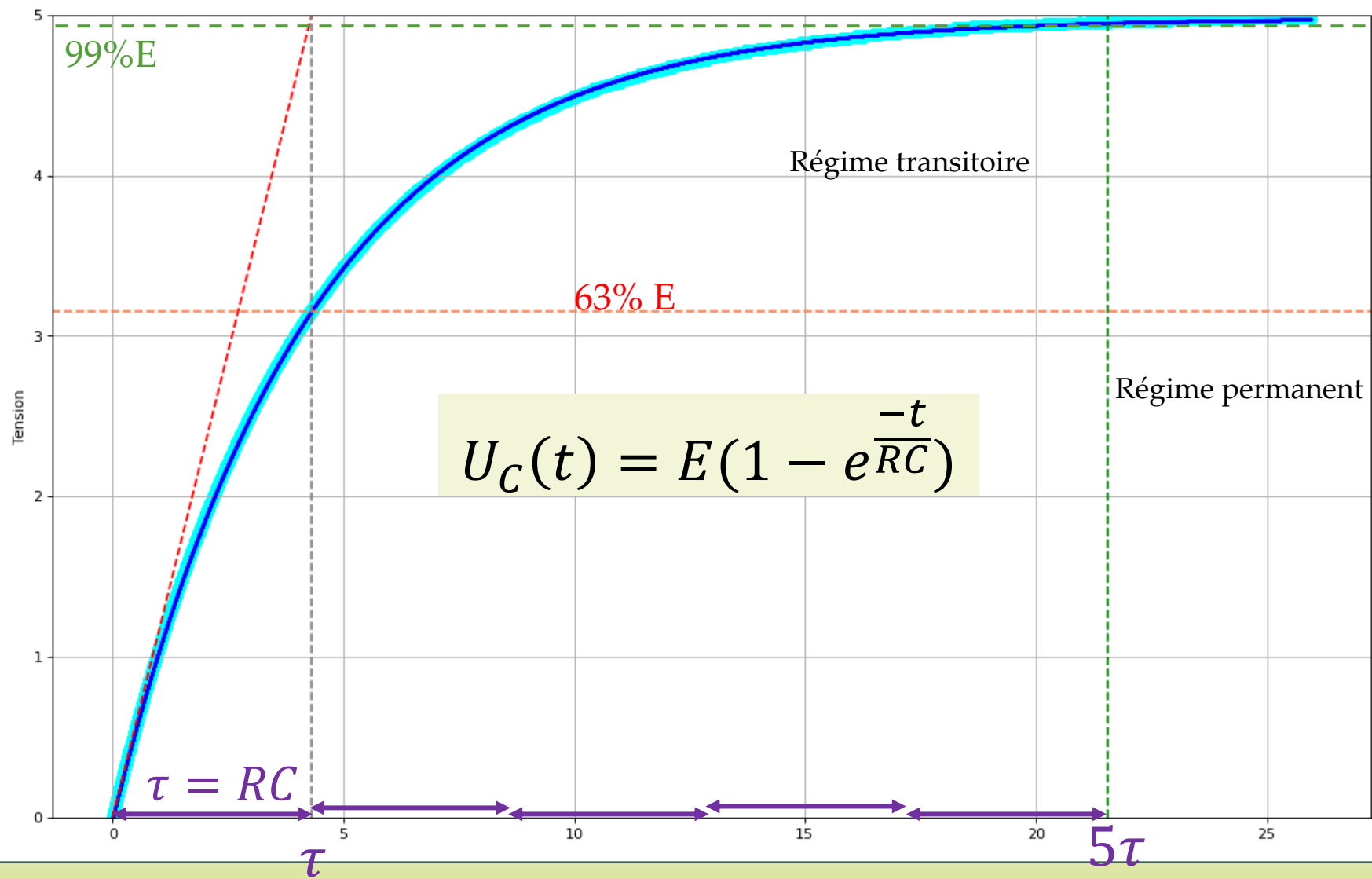
Abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine avec la droite $U_c=E$

L'instant correspondant à 63% de la charge complète

Au bout de 5τ on atteint 99% de la charge complète

$t < 5 \tau$ régime transitoire

$T > 5 \tau$ régime permanent



$R = 39\text{k}\Omega \pm 5\%$

$C = 100\mu\text{F} \pm 20\%$

$\tau = RC = 3.9\text{s}$

$5\tau = 19.5\text{s}$

A partir de $U_c=f(t)$ on peut déterminer τ :

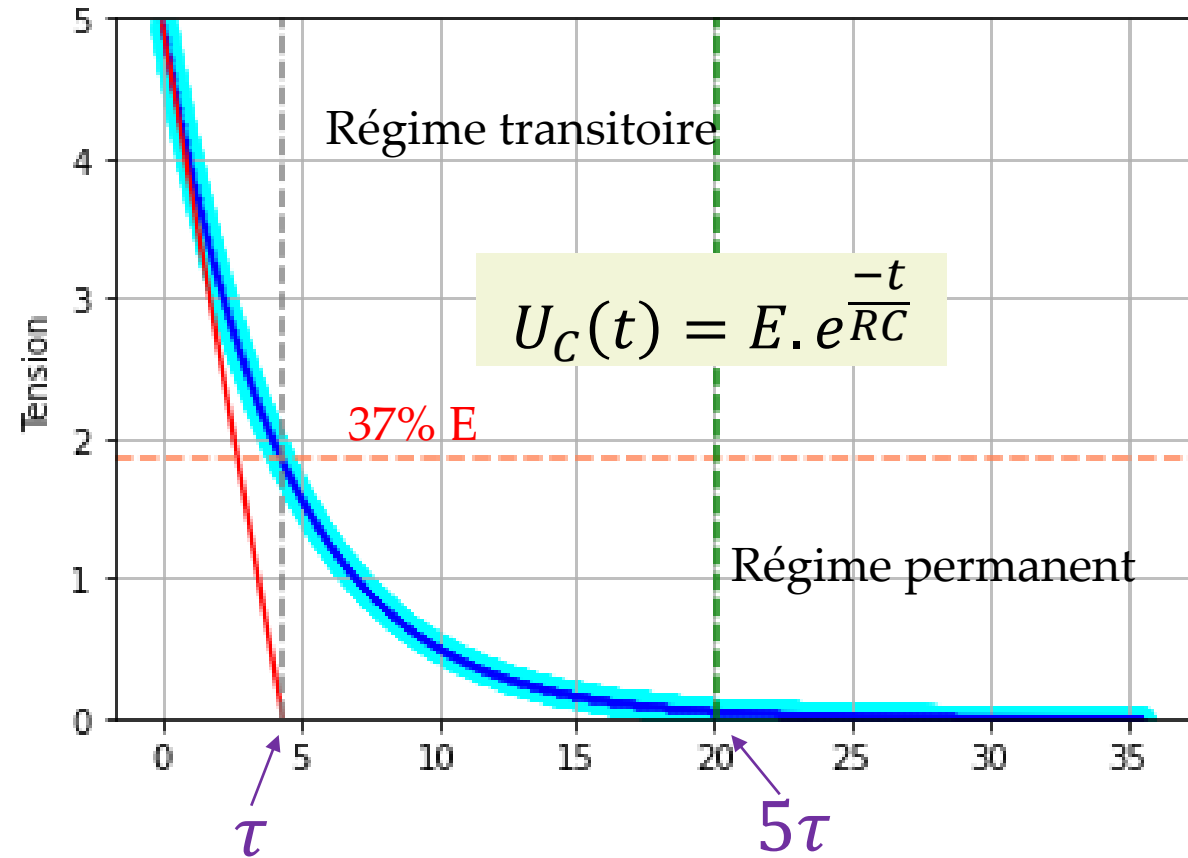
Abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine avec la droite $U_c=0$

L'instant correspondant à 37% de la charge

Au bout de 5τ on atteint 99% de la décharge complète

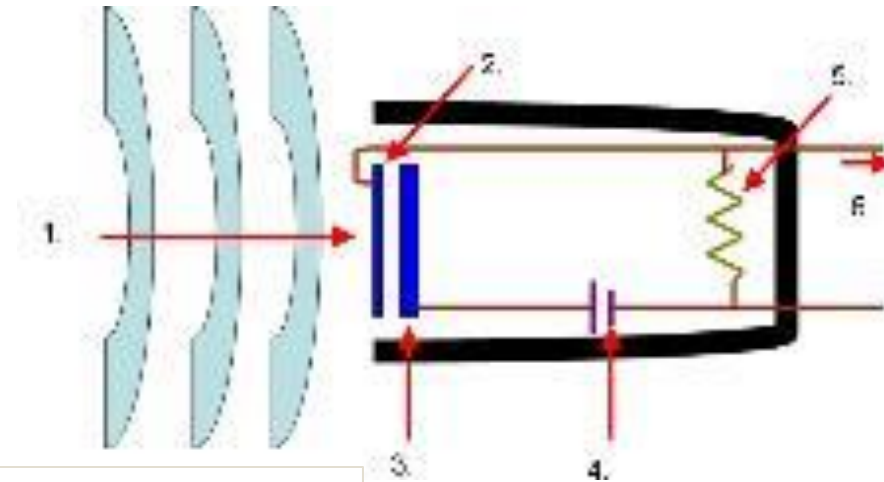
$t < 5\tau$ régime transitoire

$T > 5\tau$ régime permanent

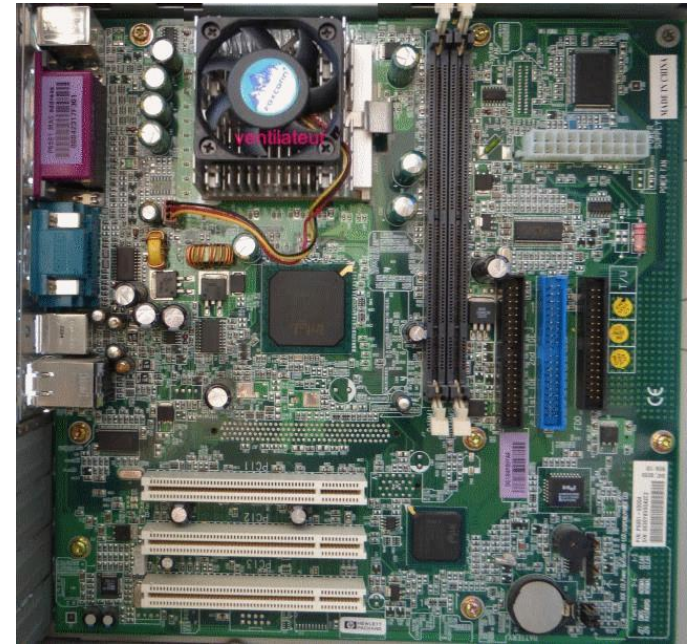


4) Effet capacitif et applications

Effet capacitif correspond à l'aptitude d'un composant (ou de la matière) comme le condensateur à stocker des charges sous l'effet d'une tension électrique.



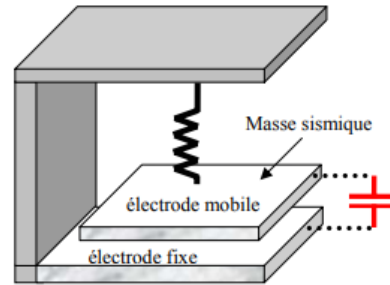
[animation](#)



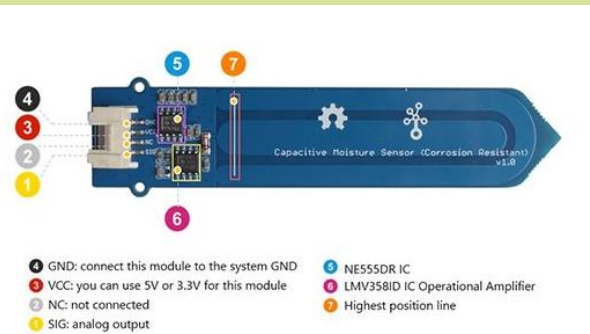
Booster de démarrage à
supercondensateur 450A

. Principe de l'accéléromètre à
détection capacitive

500 F 3 V ($\varnothing \times L$)
35 mm x 82 mm



Module capteur d'humidité **capacitif** compatible Grove permettant de connaître l'humidité relative présente dans la terre. Le capteur délivre une tension analogique en fonction de la teneur en eau.



Ce capteur **capacitif** de proximité est utilisé pour détecter sans contact des objets métalliques ou non-métalliques tels que des liquides, de la poudre ou des objets granuleux. Détection à 15 mm.



Capteur d'empreinte digitale **capacitif** autorisant le traitement, le stockage et la comparaison d'empreintes.



Ce capteur tactile **capacitif** numérique fournit un commutateur de style à touche unique sur votre projet Arduino. Il utilise la technologie de détection capacitive la plus populaire qui est la même que votre téléphone mobile.

Un capteur **capacitif** est un capteur tactile qui nécessite peu ou pas de force pour être activé. Détecte les contacts tactiles et produit une tension analogique.

