Condensateur

Buts de l'expérience

Mesurer la capacité C d'un condensateur et observer la charge et la décharge d'un condensateur à travers une résistance.

Matériel à disposition

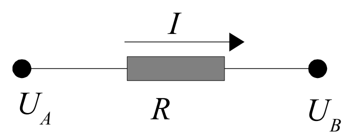
Un générateur de tension continue ; un multimètre pour mesurer des tensions et des résistances ; un condensateur ; une résistance électrique ; un commutateur ; des fils de connexion ; un chronomètre.

Eléments de théorie

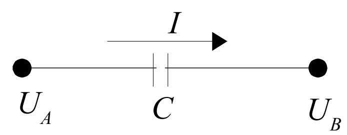
L'étude des phénomènes transitoires de **charge** et de **décharge** d'un **condensateur**, à travers une résistance, permet de déterminer sa **capacité**.

Lois de bases :

$U_A - U_B = R \cdot I$

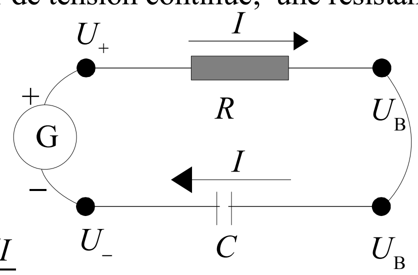


$dQ = C \cdot dU$,
donc en dérivant :
$\frac{1}{C} \cdot I = \frac{d(U_A - U_B)}{dt}$



$U_A - U_B$ et I peuvent varier avec le temps. R et C sont des constantes.

A) Cas de la charge du condensateur.
Le circuit de charge comprend le condensateur C, un générateur de tension continue, une résistance R et un interrupteur (fermé sur le schéma).



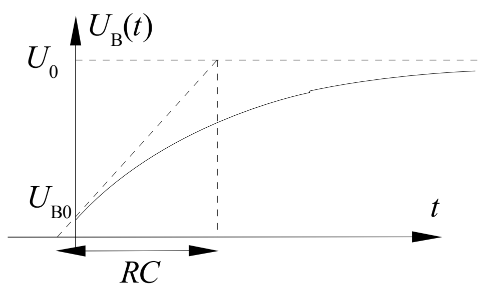
Lois de bases :
$\frac{d(U_B - U_-)}{dt} = \frac{1}{C} \cdot I \qquad U_+ - U_B = R \cdot I$

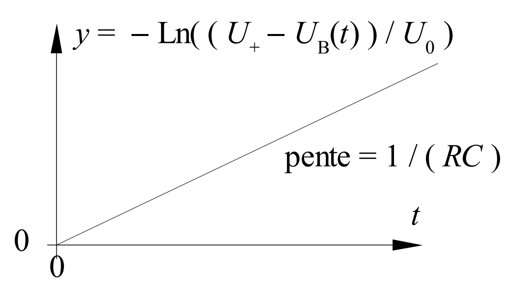
U_+ et U_- étant des constantes : $\frac{dU_B}{dt} = \frac{1}{C} \cdot I$ et $\frac{dU_B}{dt} = -R \cdot \frac{dI}{dt}$.

Donc : $-R \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{1}{C} \cdot I$ C'est une équation différentielle.

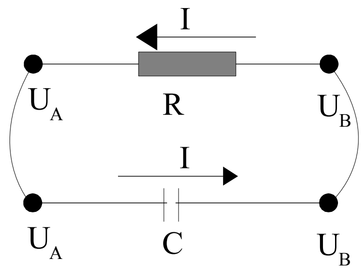
Solution : $I(t) = I_0 \cdot e^{-t/(R \cdot C)}$ I_0 = l'intensité au temps $t = 0$ [s].

Donc $U_B(t) = U_+ - R \cdot I_0 \cdot e^{-t/(R \cdot C)} = U_+ - U_0 \cdot e^{-t/(R \cdot C)}$ $U_+ - U_0$ = la tension en B, au temps $t = 0$ [s].





<u>B) Cas de décharge d'un condensateur :</u>
Le circuit de charge comprend le condensateur C, une résistance R et un interrupteur (fermé sur le schéma).



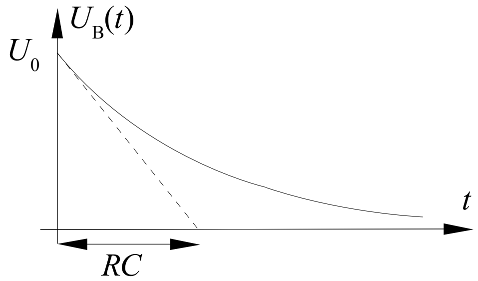
Lois de bases :

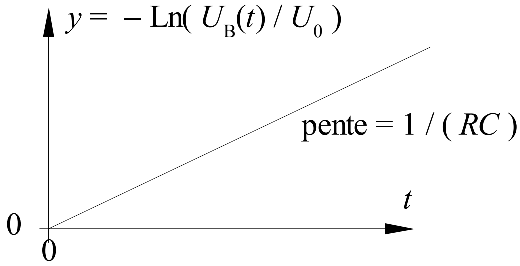
$$\frac{d(U_A - U_B)}{dt} = \frac{1}{C} \cdot I \qquad U_A - U_B = -R \cdot I$$

Donc : $-R \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{1}{C} \cdot I$ C'est une équation différentielle.

Solution : $I(t) = I_0 \cdot e^{-t/(R \cdot C)}$ I_0 = l'intensité au temps $t = 0$ [s].

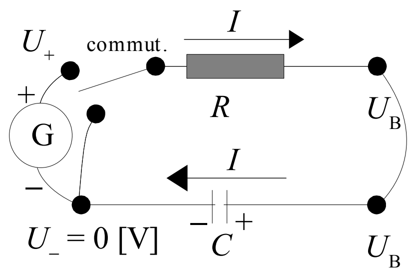
Donc $(U_B - U_A)(t) = R \cdot I_0 \cdot e^{-t/(R \cdot C)} = U_0 \cdot e^{-t/(R \cdot C)}$ U_0 = la tension aux bornes de C, au temps $t = 0$ [s].
On peut choisir de poser $U_A = 0$ [V], car le potentiel n'est défini qu'à une constante près.





Manipulations

Confectionnez le circuit ci-dessous en prenant garde à la polarité du condensateur.



A) Charge du condensateur.
- Assurez-vous que le commutateur laisse le générateur débranché du circuit (position basse ici).
- Branchez le voltmètre aux bornes du générateur de tension continue, puis réglez cette dernière à la valeur $U_+ = 10{,}00$ [V].
- Branchez le voltmètre aux bornes du condensateur et assurez-vous que la tension à ses bornes soit nulle. Donc $U_+ = U_0 = 10{,}00$ [V].
- Changez l'état du commutateur pour brancher le générateur au circuit et *simultanément* enclenchez le chronomètre.
- Chaque fois que la tension $U_B(t)$ est un multiple entier de 0,50 [V], notez le temps et cette tension. Continuez ainsi jusqu'à ce que la tension $U_B(t)$ dépasse 9,50 [V].

B) Décharge du condensateur.
- Une fois les mesures effectuées lors de la charge du condensateur, augmentez la tension du générateur jusqu'à une valeur comprise entre 11 et 14 volts et attendez que la tension U_B dépasse 11 [V]. Mettez le chronomètre à zéro.
- Changez l'état du commutateur pour débrancher le générateur du circuit. Le condensateur se déchargera alors à travers la résistance. (Lisez déjà l'instruction suivante.)
- Dès que la tension $U_B(t)$ atteint 10,00 [V], enclenchez le chronomètre.
- Chaque fois que la tension $U_B(t)$ est un multiple entier de 0,50 [V], notez le temps et cette tension. Continuez ainsi jusqu'à ce que la tension $U_B(t)$ atteigne 0,50 [V].

C) A l'aide de l'ohmmètre, mesurez la **valeur de la résistance** R. Notez la **capacité** indiquée sur le condensateur.

Présentation des résultats

Vos tableaux devront contenir : **A préparer à l'avance.**

A) pour la charge, les colonnes : t ; $U_B(t)$; $-\mathrm{Ln}\left(\frac{U_+ - U_B(t)}{U_0}\right)$

B) pour la décharge, les colonnes : t ; $U_B(t)$; $-\mathrm{Ln}\left(\frac{U_B(t)}{U_0}\right)$

Les 4 graphiques suivant doivent être représentés, soit sur des feuilles millimétrées, soit par ordinateur.

1) Graphique de $U_B(t)$ en fonction de t, pour la charge.
2) Graphique de $-\mathrm{Ln}\left(\frac{U_+ - U_B(t)}{U_0}\right)$ en fonction de t, pour la charge.

   Tracez la droite passant "au mieux" pas les points de mesures et déterminez sa pente.
   Soyez conscient que les **incertitudes absolues sur les logarithmes** ci-dessus diffèrent passablement.

3) Graphique de $U_B(t)$ en fonction de t, pour la décharge.
4) Graphique de $-\mathrm{Ln}\left(\frac{U_B(t)}{U_0}\right)$ en fonction de t, pour la décharge.

Tracez la droite passant "au mieux" pas les points de mesures et déterminez sa pente.
Soyez conscient que les **incertitudes absolues sur les logarithmes** ci-dessus diffèrent passablement.

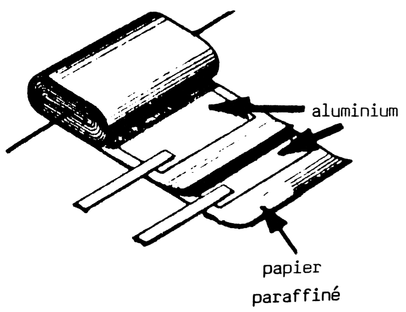
A partir de la mesure de la résistance et des deux pentes obtenues ci-dessus, calculez la valeur de la capacité du condensateur.
Comparez ces deux valeurs, puis comparez-les à la valeur indiquée sur le condensateur.

Concluez.

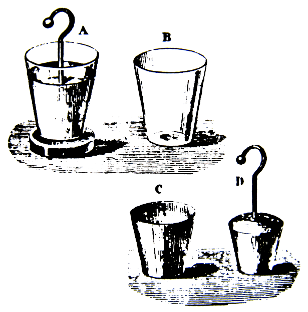
Observation supplémentaire

Sur l'écran d'un oscilloscope branché dans un circuit de charge-décharge d'un condensateur, observez les variations de tension à ses bornes en fonction du temps. L'annexe de la page suivante explique le principe de cet oscillateur.

Condensateur usuel



Ancêtre du condensateur : la **bouteille de Leyde** (A) constituée de :
(B) un vase de verre
(C) deux armatures extérieures
(D) intérieure en fer-blanc.



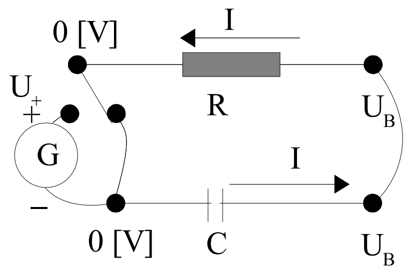
Annexe :
Cas d'un oscillateur.

α et β sont deux paramètres tels que : $0 < \alpha < \beta < 1$.

Ici, $U_- = 0$ [V]

On fait osciller la tension $U_B(t)$ entre $\alpha \cdot U_+$ et $\beta \cdot U_+$.

Décharge :



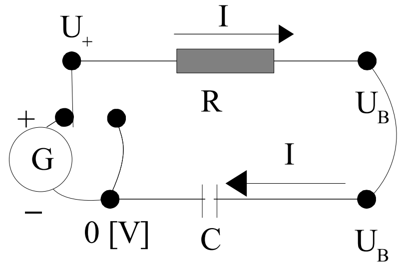
$$U_B(t) = \beta \cdot U_+ \cdot e^{-t/(R \cdot C)}$$

Décharge jusqu'à ce que : $U_B(t) = \alpha \cdot U_+$

$$\beta \cdot U_+ \cdot e^{-T_{décharge}/(R \cdot C)} = \alpha \cdot U_+$$

Calculs ... => $T_{décharge} = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$

Charge :



$$U_B(t) = (\alpha \cdot U_+ - U_+) \cdot e^{-t/(R \cdot C)} + U_+$$

Charge jusqu'à ce que : $U_B(t) = \beta \cdot U_+$

$$(\alpha \cdot U_+ - U_+) \cdot e^{-T_{décharge}/(R \cdot C)} + U_+ = \beta \cdot U_+$$

Calculs ... => $T_{charge} = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{1-\alpha}{1-\beta}\right)$

Période d'oscillation : $T = T_{décharge} + T_{charge} = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{\beta \cdot (1-\alpha)}{\alpha \cdot (1-\beta)}\right)$.

La période d'oscillation est proportionnelle à la capacité du condensateur !

Dans le timer 555 usuel en électronique, $\alpha = \frac{1}{3}$ et $\beta = \frac{2}{3}$.

Donc $T = R \cdot C \cdot \ln(4) = 1.39 \cdot R \cdot C$.