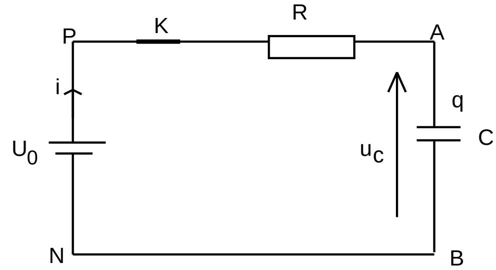
SERIE D'EXERCICES SUR P9 : ETUDE D'UN DIPOLE (RC)

EXERCICE 1:

Un condensateur de capacité C est chargé à travers une résistance R, à l'aide d'un générateur délivrant une tension constante U_0. (voir figure)
Le condensateur est entièrement déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.
A la date t = 0, on ferme l'interrupteur.
A toute date t, l'intensité du courant est désignée par i, la charge du condensateur par q, la tension entre ses armatures par uc la tension aux bornes de la résistance par u_R.

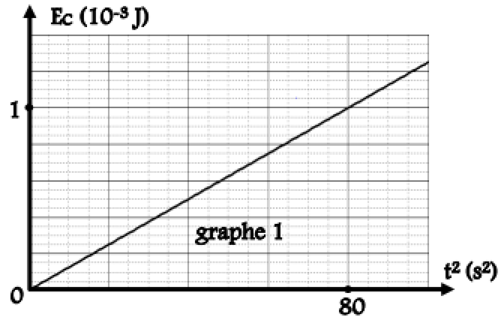


1. Expliquer brièvement le comportement des électrons libres du circuit à la fermeture de l'interrupteur.
2. Expliquer comment varient uc, u_R, i et q durant la charge du condensateur en précisant les valeurs initiales et les valeurs finales.
3. Rappeler les relations qui lient i et q d'une part et i, C et uc d'autre part.
4. Établir à la date t, la relation qui existe entre u_C, u_R et U_0. En déduire l'équation différentielle du circuit relativement à la tension u_C.
5. Résoudre l'équation différentielle du circuit. Autrement dit trouver uc en fonction du temps t.
6. On peut considérer que la charge est terminée quand $\frac{U_0-u_c}{U_0} = 1\%$.

Soient τ la constante de temps du circuit et τ_r (temps de relaxation) le temps mis par le condensateur pour se charger quasi totalement (à 99%). Montrer que $\tau_r = 4{,}6\ \tau$.

EXERCICE 2:

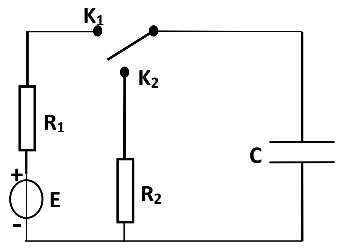
On réalise un circuit électrique, comportant en série, un générateur idéal de courant débitant un courant d'intensité constante $I = 50\mu A$, un conducteur ohmique R, un interrupteur K, un condensateur de capacité C inconnue et un voltmètre.
A un instant pris comme origine des temps (t = 0), on ferme l'interrupteur K et on suit l'évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur au cours du temps, ce qui a permis de tracer la courbe d'évolution de l'énergie électrique E_c emmagasinée dans le condensateur en fonction du carré du temps.(graphe1)



1. Représenter le schéma du montage qui permet de suivre l'évolution de la tension u_c au cours du temps.
2. En exploitant le graphe déterminer la capacité C du condensateur.
3. Le condensateur utilisé est plan de permittivité électrique absolue ε, l'aire de la surface commune en regard est $S = 1m^2$ et l'épaisseur du diélectrique est e = 0,01mm.
4. Calculer la permittivité relative du condensateur $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$. On donne $\varepsilon_0 = 8{,}85.10^{-12}\ S.I$

EXERCICE 3:

On considère le circuit ci-contre formé par : un générateur de f.e.m E = 10V, un résistor de résistance R_1= 500Ω, un condensateur de capacité C et un autre résistor de résistance R_2. Un oscilloscope à mémoire permet de suivre l'évolution temporelle de deux tensions u_c et U_g respectivement aux bornes du condensateur et aux bornes du générateur ; le condensateur est initialement déchargé.



I/ Etude de la charge du condensateur par le générateur de f.e.m E:

A t = 0, on bascule l'interrupteur en position K_1. On obtient sur l'écran de l'oscilloscope (figure 1) ci-dessous les deux courbes A et B.

1. Quelle est la courbe qui correspond à la tension aux bornes du condensateur ? Justifier
2. Faire les branchements nécessaires à l'oscilloscope, qui permettent d'observer ces deux courbes sur les voies A et B de l'oscilloscope.
3. Etablir l'équation différentielle relative à la tension u_C aux bornes du condensateur.
4. Vérifier que $u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle si τ correspond à une constante que l'on déterminera.
5. Déterminer τ graphiquement. En déduire la valeur de la capacité C du condensateur.
6. Calculer la valeur du rapport $\frac{U_C}{E}$ si t = 5τ. Conclure.

II/ Etude de la décharge du condensateur dans le résistor R_2:

Le condensateur étant chargé, on bascule l'interrupteur à la position K_2.

1. Montrer que, lors de la décharge, l'équation différentielle vérifiée par la tension U_C est de la forme: $u_C + \frac{1}{a}\frac{du_C}{dt} = 0$
   Déduire l'expression du rapport $\frac{1}{a}$.
2. La solution de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme $u_C(t) = E\ e^{-\alpha t}$. La tension u_C est en volts.

2-1. Etablir l'expression du logarithme népérien de la tension u_c en fonction du temps, notée $\ln u_c = f(t)$ (relation1).
On rappelle que : $\ln(a \times b) = \ln a + \ln b$; $\ln a^n = n \times \ln a$; $\ln e^x = x$.
2-2. On a tracé, à l'aide d'un logiciel, la courbe représentant $\ln u_c$ en fonction du temps (figure 2) ; donner l'expression numérique de $\ln u_c$ en fonction du temps (relation 2).
2-3. En déduire des relations 1 et 2 la valeur de la résistance, du résistor, R_2.

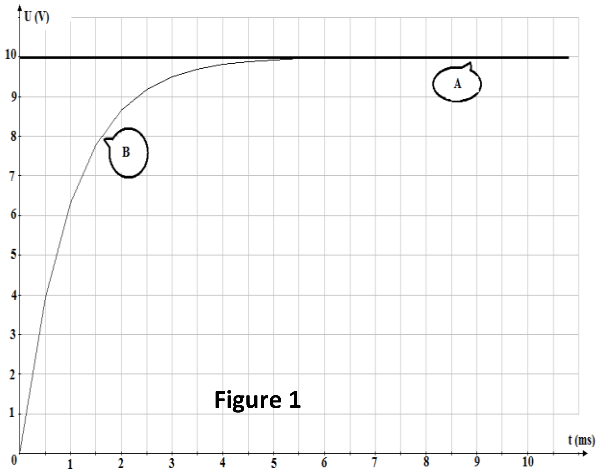


Figure 1

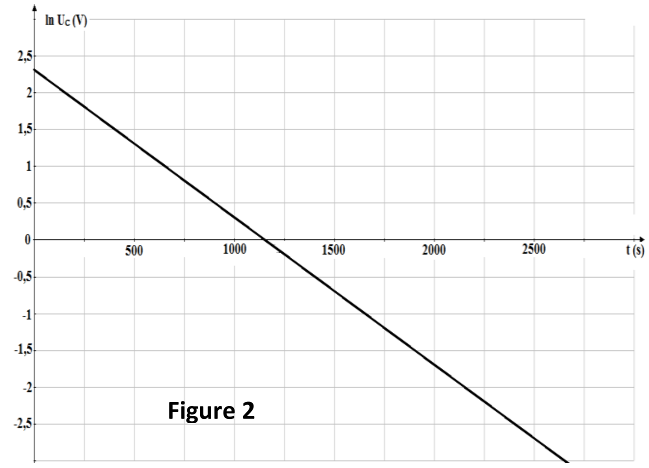
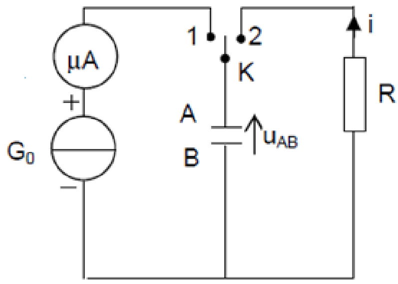


Figure 2

EXERCICE 4:

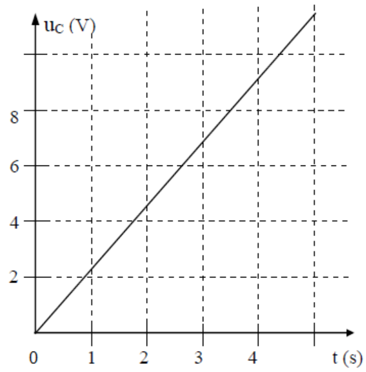
On étudie le comportement d'un condensateur de capacité C dans un circuit série (figure 3).
Pour cela, on réalise le montage schématisé ci-contre où :

- ✓ Go est un générateur de courant idéal,
- ✓ K est un interrupteur qui permet de charger le condensateur (K en position 1) ou de le décharger (K en position 2) à travers le conducteur ohmique de résistance R=10 kΩ.

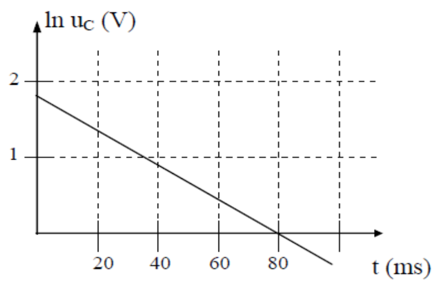


Un dispositif (non représenté) relève à intervalles de temps réguliers, la tension $u_{AB} = u_C$ aux bornes du condensateur.

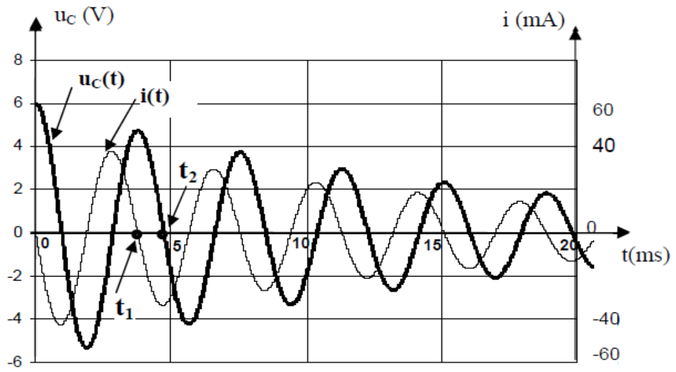
1. A la date $t = 0$, le condensateur étant entièrement déchargé, on place l'interrupteur K en position 1, le microampèremètre indique alors une valeur constante $I_0 = 10\mu A$. On a représenté ci-après (graphe 1) la courbe donnant la tension u_C en fonction du temps t.
1.1 Etablir la relation qui lie u_C, C, I_0 et t.
1.2 A l'aide du graphe 1, déterminer la capacité C du condensateur.
2. Lorsque la tension aux bornes du condensateur égale $U_0 = 6$ V, on bascule K en 2 à l'instant t = 0.
2.1 Etablir l'équation différentielle relative à la tension u_C aux bornes du condensateur à une date t.
2.2 Cette équation différentielle admet une solution de la forme $u_C(t) = A\, e^{-t/\tau}$, relation où A et t sont des constantes.
Déterminer les valeurs de A et τ. Calculer la valeur de u_C à $t = 5\tau$. Quelle remarque peut-on faire ? Donner la signification physique de τ.
2.3 A l'aide d'un logiciel, on a tracé la courbe donnant le logarithme népérien de u_C en fonction du temps t, soit $\ln u_C = f(t)$ (graphe 2).
Retrouver la valeur de C à partir d'une exploitation de ce graphe.
3. On remplace le conducteur ohmique par une bobine résistive d'inductance L=80mH
Le condensateur est à nouveau rechargé, puis il se décharge à travers la bobine. Un dispositif permet de suivre, pendant la décharge, l'évolution au cours du temps de u_C ainsi que l'évolution de l'intensité i du courant (graphe3).
3.1 Entre les instants t_1 et t_2 (voir graphe 3), le condensateur se charge-t-il ou se décharge-t-il ? Justifier la réponse.
3.2 Quel est le sens réel de circulation du courant entre t_1 et t_2 ?
3.3 Retrouver à partir de ces courbes la valeur de C.



Graphe 1



Graphe 2



Graphe 3