PREMIERE PARTIE : THEORIE

Question 1 : 2points

Donner une définition du potentiel électrique.

Le potentiel électrique est défini comme étant l'énergie potentielle électrique par unité de charge :

$$\mathbf{V} \equiv \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{q}} \quad (\textit{voir page VI.6})$$

Note : une définition consiste à expliquer ce qu'est quelque chose, la première fois qu'on en parle. Dans les notes de cours, les définitions sont indiquées par le signe $\equiv$. Beaucoup d'étudiants, au lieu de la définition, donnent n'importe quelle formule, même particulière, qui fait intervenir la grandeur.

Question 2 : 2 × 2 points

Donner une définition de l'impédance d'un circuit et expliquer en quelques mots son sens physique.

- L'impédance d'un circuit est définie comme le rapport du phaseur de la tension appliquée au circuit à celui du courant qui y circule :

  $$\mathbf{Z} \equiv \hat{\mathbf{v}} / \hat{\mathbf{i}} \quad (\textit{voir page XIII.15})$$

  C'est une grandeur complexe.

  Remarque : la notion d'impédance peut aussi être utilisée pour des circuits alimentés en courant continu ($\omega = 0$).

- L'impédance est une grandeur qui qualifie la manière dont un circuit freine le passage du courant.

  Remarque : beaucoup d'étudiants ont oublié de répondre à l'une des deux questions.

  LIRE LES QUESTIONS ATTENTIVEMENT !

Question 3 : 4 × 2 points

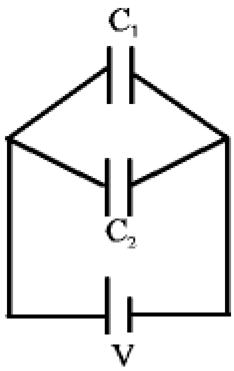
Soit deux condensateurs de capacité C_1 et C_2 branchés en parallèle : $C_1 = C$, $C_2 = 2C$. On charge ce système au moyen d'une pile délivrant une différence de potentiel V.

a) Que valent les charges Q_1 et Q_2 portées par les armatures de chacun des condensateurs ?

$\mathbf{Q_1 = C_1V = CV}$

$\mathbf{Q_2 = C_2V = 2CV}$

b) Que vaut la capacité équivalente de ce système de condensateurs ?



condensateurs en parallèle :

$C_{eq} = C_1 + C_2 = C + 2C = 3C$

c) Quelle est l'énergie totale emmagasinée par les deux condensateurs ?

$$\mathbf{U = \frac{1}{2} C_{eq}\, V^2 = \frac{3}{2} C\, V^2}$$

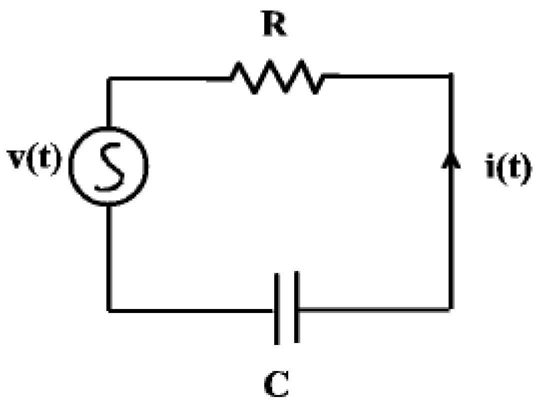
d) Que devient cette énergie si la différence de potentiel fournie par la pile est divisée par deux ?

Comme U = constante × V^2, si V est divisé par 2, U est divisé par 4.

Remarque : une question très semblable était affichée sur le Web, avec sa réponse, avant les vacances de Pâques !

Question 4 : 10 points

Soit le circuit suivant, alimenté par une source de tension alternative sinusoïdale de fréquence angulaire ω, d'amplitude v_0 et de phase nulle :



a) écrire le phaseur représentant la tension de la source
b) écrire l'impédance complexe du circuit
c) écrire le phaseur représentant le courant débité par la source
d) que vaut le courant efficace débité par la source ?
e) que vaut le déphasage du courant par rapport à la tension de la source ?
f) faites un schéma qui représente les phaseurs du courant et de la tension dans le plan complexe
g) le courant est-il en avance ou en retard par rapport à la tension ? Pour l'illustrer faites un dessin montrant simultanément i(t) et v(t) en fonction du temps.

a) $\hat{\mathbf{v}} = \mathbf{v_0}\, \mathbf{e}^{\mathbf{j}\varphi} = \mathbf{v_0}$ car $\varphi = 0$ (phase nulle)

b) $\mathbf{Z} = \mathbf{R} - \dfrac{\mathbf{j}}{\omega \mathbf{C}} = \mathbf{R} + \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{j}\omega \mathbf{C}}$

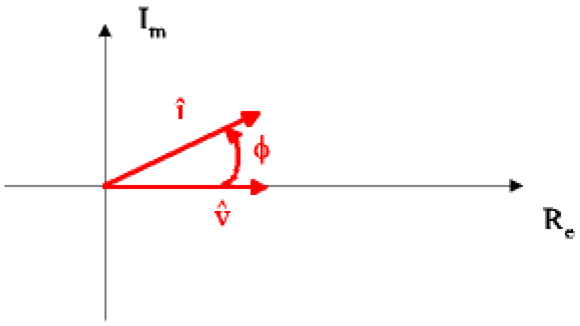
c) $\hat{\mathbf{i}} = \dfrac{\hat{\mathbf{v}}}{\mathbf{Z}} = \dfrac{\mathbf{v_0}}{\mathbf{R} - \dfrac{\mathbf{j}}{\omega\mathbf{C}}} = \dfrac{\mathbf{v_0}}{\mathbf{R}^2 - \left(\dfrac{\mathbf{1}}{\omega\mathbf{C}}\right)^2}\left(\mathbf{R} + \dfrac{\mathbf{j}}{\omega\mathbf{C}}\right)$

d) $\mathbf{i_{eff}} = \dfrac{\mathbf{i_0}}{\sqrt{\mathbf{2}}}$ avec $\mathbf{i_0} = \left|\hat{\mathbf{i}}\right| = \dfrac{\mathbf{v_0}}{\sqrt{\mathbf{R}^2 + \left(\dfrac{\mathbf{1}}{\omega\mathbf{C}}\right)^2}}$

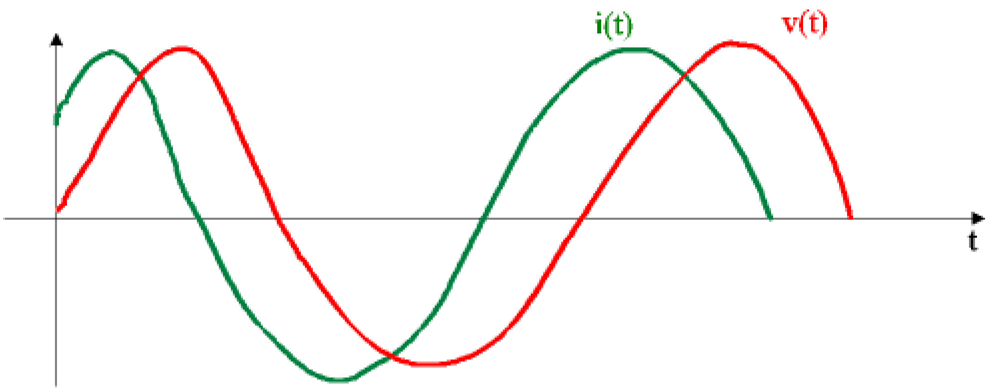
Donc, $\mathbf{i_{eff}} = \dfrac{\mathbf{v_0}}{\sqrt{\mathbf{2}\left[\mathbf{R}^2 + \left(\dfrac{\mathbf{1}}{\omega\mathbf{C}}\right)^2\right]}}$

e) $tg\phi = \dfrac{I_m\,\hat{i}}{R_e\,\hat{i}} = \dfrac{1}{\omega CR}$. **Donc** $\phi > 0$

f)



g)



$v(t) = v_0 \sin \omega t$
$i(t) = i_0 \sin (\omega t + \phi)$ $\phi > 0$

Le courant est en avance par rapport à la tension.

Remarque : une question similaire était affichée sur le Web.

Nom : **Prénom :**

DEUXIEME PARTIE : EXERCICES

Question 1 : 10 points

Deux plaques planes, parallèles (a et b) sont portées à des potentiels positifs différents (voir dessin). Un électron se trouve initialement au repos sur l'une des plaques.

a ———————————— $V_a = 50$ V

b ———————————— $V_b = 100$ V

a) Sur quelle plaque l'électron doit-il se trouver initialement pour être accéléré vers l'autre plaque (**justifier brièvement**) ?

Sur a car la plaque b est à un potentiel plus positif que celui de la plaque a. Un électron de charge négative sera attiré par la plaque la plus positive.

b) Quelle est la vitesse de l'électron lorsqu'il atteint l'autre plaque ?
($e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C, $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$ kg).

- Le plus facile : énergie potentielle électrique du départ = énergie cinétique finale.

$$\Delta V \,.\, q = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,\Delta V \,.\, q}{m}} = \sqrt{\frac{2(100-50)\,.\,1{,}6\times 10^{-19}}{9{,}11\times 10^{-31}}} = 4{,}19\times 10^{6}\,\mathrm{m/s}$$

- Plus compliqué mais correct :

$F = m\,a$ $F = q\,E$ $E = \Delta V/d$ d : distance entre les plaques

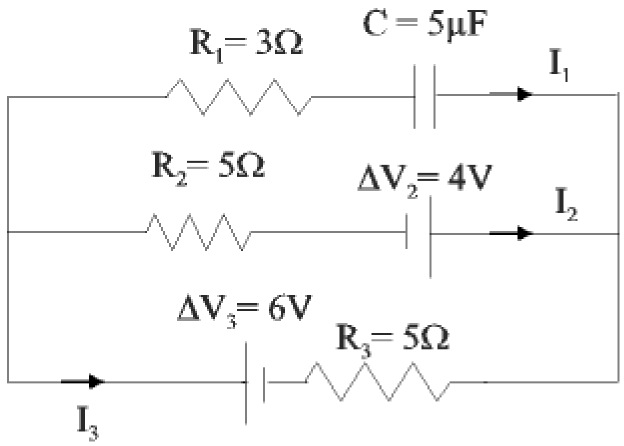
Donc $a = \dfrac{q\Delta V}{md}$ = constante, donc MRUA, donc : $v = \sqrt{2\,a\,d}$

$$v = \sqrt{2\,\frac{q\,\Delta\,V}{md}\,.\,d} = \sqrt{2\,\frac{q\,\Delta\,V}{m}}$$. On retrouve l'expression ci-dessus.

FAUX : utiliser $E = k\dfrac{q}{r^2}$, valable pour le champ électrique créé par une charge ponctuelle.
VERIFIER LES CONDITIONS DE VALIDITE DES FORMULES UTILISEES.

Question 2: 10 points

a) Calculer les courants I_1, I_2 et I_3 (avec leur signe) dans les différentes branches du circuit représenté ci-dessous, en régime stationnaire (c'est-à-dire après un temps très long).



Lorsqu'on place un condensateur dans un circuit alimenté en courant continu, celui-ci se charge, ensuite le courant dans la branche où se retrouve le condensateur s'arrête : $I_1 = 0$.

Dès lors, on se trouve en présence d'un circuit à une seule maille parcourue par un courant unique : $I = I_2 = -I_3$.

En appliquant la loi des mailles et la loi d'Ohm :

$$\mathbf{\Delta V_2 - R_2\, I + \Delta V_3 - R_3\, I = 0}$$
$$\mathbf{I = (\Delta V_2 + \Delta V_3) / (R_2 + R_3) = (4 + 6) / (5 + 5) = 1\ A}$$

b) Quelle est alors la charge du condensateur ?
Indiquer sur le dessin quelle est la plaque chargée positivement et celle chargée négativement (**justifier brièvement**).

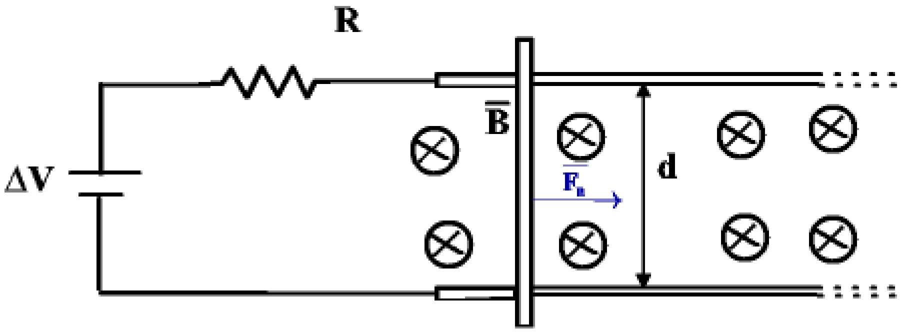
$$\mathbf{V_C - R_1\, I_1 = V_C = \Delta V_2 - R_2\, I = 4V - 5\Omega \times 1A = -1V}$$

V_C est de signe opposé à ΔV_2 ; c'est donc la plaque de gauche qui est chargée positivement.

$$\mathbf{Q = C\, |V_C| = 5\mu F \times 1V = 5 \times 10^{-6} C = 5\mu C}$$

Question 3 : 10 points

Une tige conductrice mobile, de résistance électrique négligeable, prend appui sur deux rails parallèles fixes, eux aussi de résistance négligeable. Ces rails sont reliés à une pile par l'intermédiaire d'une résistance. Les deux rails et la tige sont plongés dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan des rails (voir figure).



d = 1 m   B = 0,5 T   ΔV = 10 V   R = 2 Ω

a) Quel est le courant qui circule dans le circuit lorsque la tige mobile est maintenue fixe ?

$I = \Delta V/R = 10/2 = 5A$

b) Que vaut la force magnétique qui s'exerce sur la tige lorsque celle-ci est maintenue fixe ?

$F_B = I\,L\,B = 5A \times 1m \times 0{,}5T = 2{,}5\ N$

c) Lorsque la tige est laissée libre de se déplacer, la force magnétique la met en mouvement, ce qui provoque une f.c.é.m. qui a pour effet de diminuer la force magnétique résultante, jusqu'à l'annuler. La vitesse de la tige est alors constante. Que vaut-elle (négliger les frottements) ?

La variation de la surface du circuit, lorsque la tige bouge, entraîne une variation du flux magnétique, qui entraîne une f.c.é.m. et donc un courant induit I', qui s'oppose au courant I calculé en a), jusqu'à finalement l'annuler. F_B, calculé en b) s'annule alors.

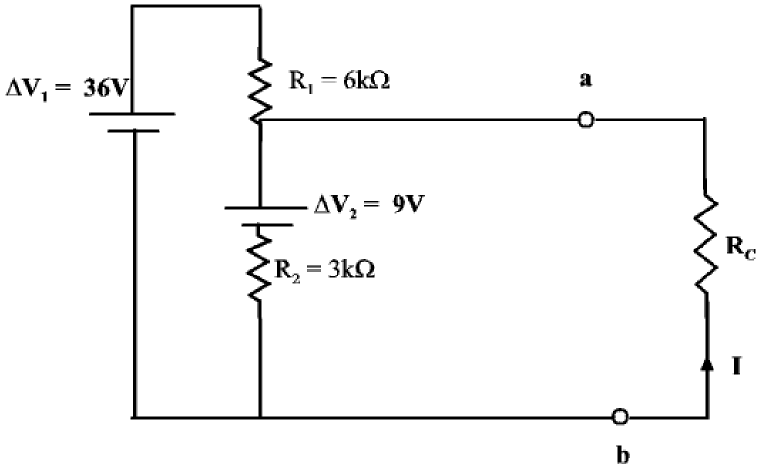
$$|\xi_{f.c.é.m}| = \frac{d\phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}(B\,.\,d\,.\,x) = B\,.\,d\,.\,\frac{dx}{dt} = Bdv = R|I'|$$

v constant lorsque $|I| = |I'|$ ou $B\,d\,v = \Delta V$.

Donc $$v = \frac{\Delta V}{Bd} = \frac{10V}{0{,}5T \times 1m} = 20m/s$$

Question 4 : 20 points

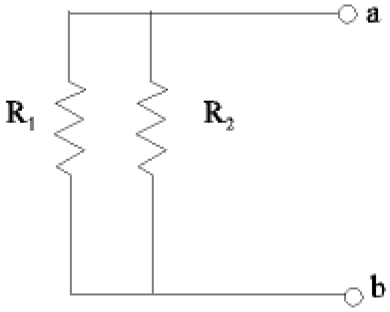
Soit le circuit électrique constitué de piles et de résistances, représenté ci-dessous :



Calculer la valeur du courant I (avec son signe) dans la résistance de charge R_C, pour 3 valeurs de R_C.

Etant donné qu'il faut effectuer le calcul pour trois résistances, le plus court est d'utiliser Thévenin :

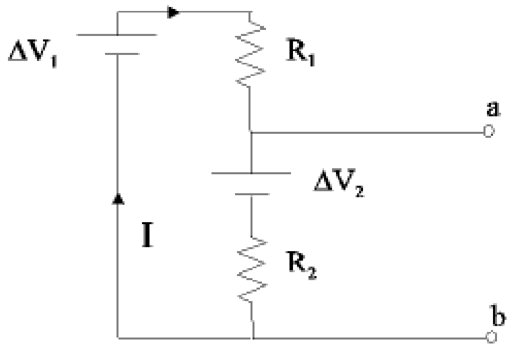
- Pour calculer la résistance de Thévenin, on calcule la résistance entre a et b lorsque les 2 piles sont court-circuitées :



$$\frac{1}{R_{Th}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6k} + \frac{1}{3k} = \frac{1}{2k} \; ;$$

$$R_{Th} = 2k\Omega$$

- Pour calculer V_{Th}, on calcule V_{ab} en circuit ouvert



Une seule maille :

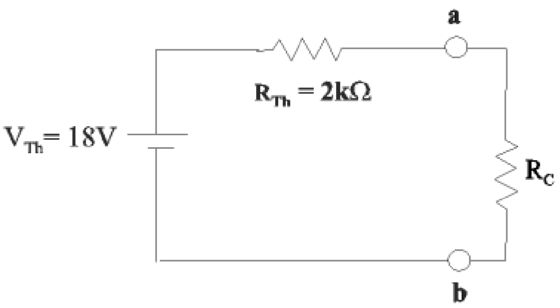
$$R_1 I + \Delta V_2 + R_2 I - \Delta V_1 = 0$$

$$I = \frac{\Delta V_1 - \Delta V_2}{R_1 + R_2} = \frac{27V}{9k\Omega} = 3mA$$

$$V_{ab} = \Delta V_2 + R_2 I = 9V + 3k\Omega \times 3\ mA$$

$$= 18\ V$$

- Le circuit Thévenin est :



$$I_{RC} = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_C} = \frac{18V}{2k + R_C}$$

a) $R_c = 4\ k\Omega$ $\quad I_{R_C} = 3mA$

b) $R_c = 7\ k\Omega$ $\quad I_{R_C} = 2mA$

c) $R_c = 1\ k\Omega$ $\quad I_{R_C} = 6mA$