LYCEE HEDI CHAKER SFAX

EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

DEVOIR DE CONTROLE N°1 (1ère TRIMESTRE)

Prof : Maâlej M ed Habib

Année Scolaire : 2014/2015

Classe : 4ème Math 2

Date : Novembre 2014.

Durée : 2 Heures.

L'épreuve comporte deux exercices de chimie et deux exercices de physique répartis sur cinq pages numérotées de **1/5** à **5/5**. La page **5/5** est à remplir par l'élève et à remettre avec la copie.

/ CHIMIE :

Exercice N°1 : Avancement d'une réaction chimique

Exercice N°2 : Hydrolyse d'un ester

/ PHYSIQUE :

Exercice N°1 : Dipôle RC

Exercice N°2 : Dipôle RL

N.B : ***/** Il est absolument interdit d'utiliser le correcteur.

***/** Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction ainsi que de sa concision.

CHIMIE : (7 points)

EXERCICE N°1 : (4,5 Points)

On étudie dans cet exercice l'oxydation des ions manganèse Mn^{2+} par les ions périodate IO_4^- , en milieu acide. Les couples redox mis en jeu sont :
MnO_4^- / Mn^{2+} , IO_4^- / IO_3^- .

Dans un érlenmeyer contenant un volume $V_1 = 30mL$ de périodate de calcium $Ca(IO_4)_2$ de concentration $C_1 = 0,38.10^{-3}$ $mol.L^{-1}$, on ajoute un volume $V_2 = 100mL$ d'une solution de sulfate de manganèse $MnSO_4$ de concentration $C_2 = 76.10^{-6}$ $mol.L^{-1}$. On acidifie le milieu.

1°) Décrire qualitativement, la transformation qui se produit dans l'érlenmeyer.

2°) a) Ecrire l'équation formelle de chaque couple , sachant que les deux couples réagissent en milieu acide.

b) En déduire l'équation chimique de la réaction d'oxydoréduction modélisant cette transformation.

3°) Pourquoi est-il nécessaire de travailler en milieu acide ?

4°) Calculer le nombre de mole initial des réactifs Mn^{2+} et IO_4^- . En déduire le réactif limitant.

5°) Dresser le tableau descriptif d'évolution du système chimique.

6°) Réaliser un bilan de matière à l'état final de MnO_4^- , Mn^{2+} , IO_4^- et IO_3^-
Retrouver alors le réactif limitant. Justifier.

7°) Représenter sur le système d'axes de la **figure -1- de la page 5/5** , en respectant l'échelle indiquée sur l'axe des ordonnées , les courbes de variation de l'avancement x ainsi que les nombres de mole des réactifs Mn^{2+} et IO_4^- en fonction du temps.

EXERCICE N°2 : (2,5 Points)

On donne les masses molaires atomiques suivantes :

***/** $M_O = 16$ g.mol $^{-1}$ ***/** $M_H = 1$ g.mol $^{-1}$ ***/** $M_C = 12$ g.mol $^{-1}$.

Un ester E de masse molaire 102 g.mol $^{-1}$ résulte de l'action de l'éthanol sur un acide organique A.

1°) Montrer que A est l'acide propanoïque et E est le propanoate d'éthyle.

2°) On réalise l'hydrolyse de 5,1 g de l'ester E en vue d'obtenir l'acide A, en partant d'un mélange équimolaire en réactifs.

a) Ecrire l'équation chimique de la réaction modélisant cette transformation en considérant les formules semi-développées.

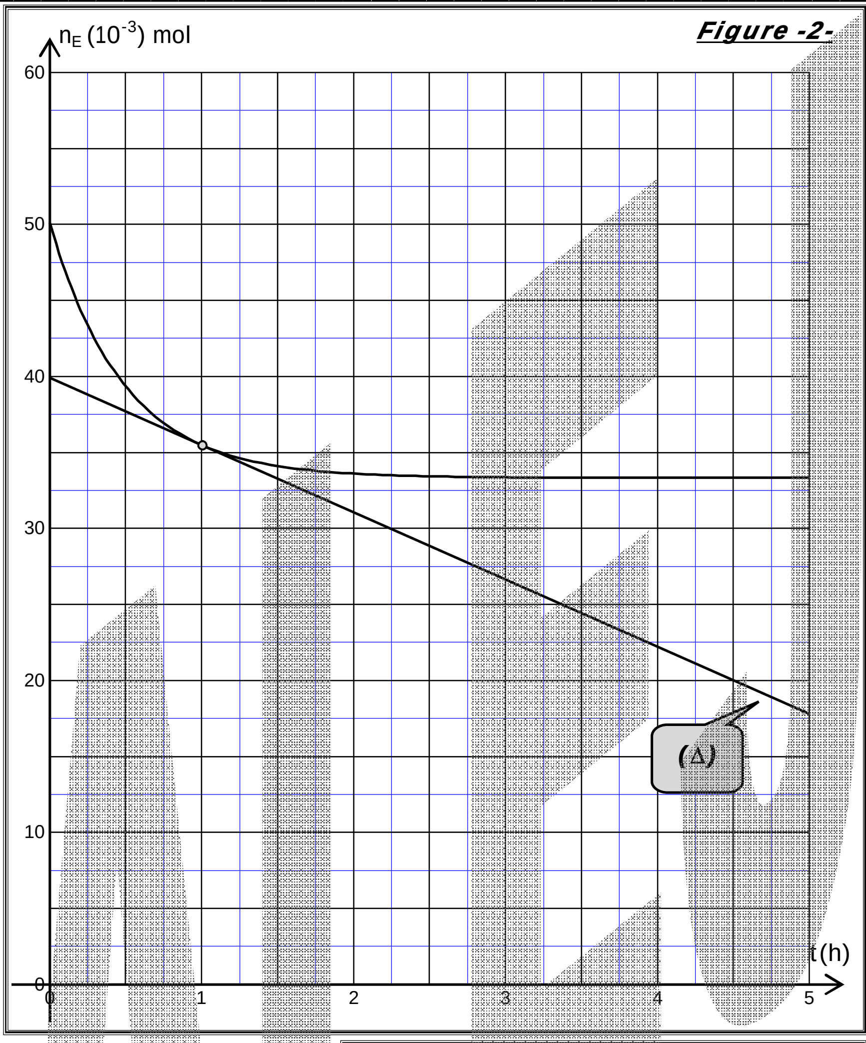
b) Calculer l'avancement maximal x_{max}.

3°) Expérimentalement, on suit l'évolution du nombre de mole d'ester en fonction du temps. On obtient la courbe de la ***Figure -2-.***

(Δ) étant la tangente à la courbe à l'instant de date $t = 1$ heure.

a) Déduire l'avancement final x_f de la réaction. Conclure.

b) Définir la vitesse instantanée d'une réaction.
La déterminer à l'instant de date $t = 1$ heure.



PHYSIQUE : (13 points)

EXERCICE N°1 : (9,5 points)

Les trois parties A, B et C sont indépendantes

Partie A :

Le circuit électrique de la ***figure -3-*** comporte :

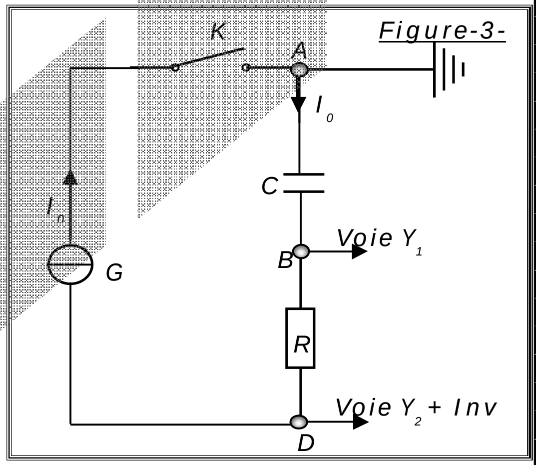
*/ un générateur de courant idéal (G), débitant un courant d'intensité I_0 constante.

*/ Un conducteur ohmique de résistance $R = 150\ k\Omega$.

*/ Un condensateur de capacité C inconnue.

*/ Un interrupteur K.

Le condensateur est initialement déchargé, on ferme l'interrupteur K à un instant de date t = 0 pris comme origine des temps.



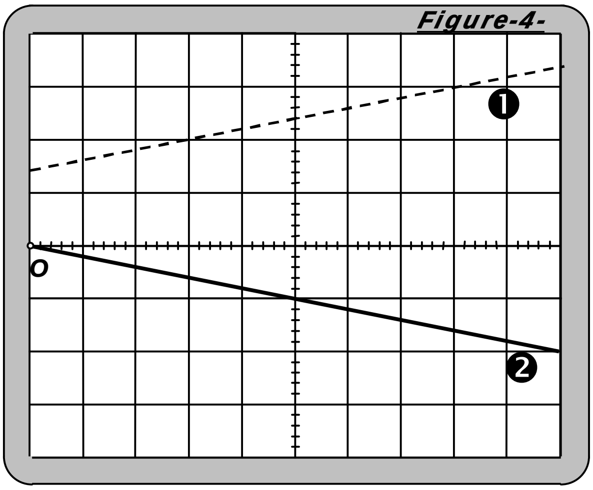
1°) On réalise le branchement d'un oscilloscope comme l'indique la ***figure-3-.*** Quelles sont les tensions observées sur chaque voie de l'oscilloscope?

2°) L'écran de l'oscilloscope est représenté par la ***figure-4-***, on obtient les oscillogrammes ❶ et ❷.

On donne les calibres de l'oscilloscope :

*/ Balayage des temps : 10ms /div.

*/ Calibre des tensions pour les deux voies : 10V/div.



a) Identifier ces deux oscillogrammes. Justifier la réponse.

b) Déterminer l'intensité I_0 du courant débité par le générateur ainsi que la valeur C de la capacité du condensateur.

3°) Le condensateur étudié est plan. Déterminer la distance e séparant les deux armatures du condensateur.

On donne :

*/ Surface des armatures : S = 52cm ^{2} */ Permittivité du vide : $\varepsilon_0 = \dfrac{1}{36\pi.10^9}$ F.m $^{-1}$.

*/ Permittivité relative du diélectrique : ε_r = 2,5 .

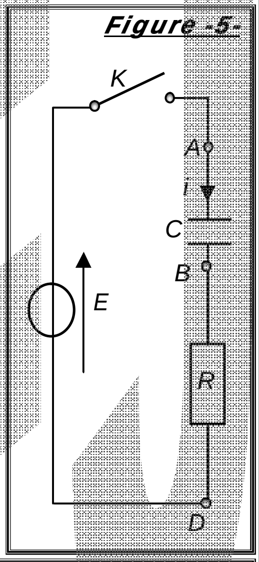


Figure -5-

Partie B :

Le montage de la **figure -5-** comporte :

*/ Un générateur de tension idéal de fem E.

*/ Un conducteur ohmique de résistance R inconnue.

*/ Un condensateur de capacité C = 3251 microfarad initialement déchargé.

*/ Un interrupteur K.

A un instant de date t = 0 , on ferme K , puis on l'ouvre à un instant de date t_1 > 0.

1°) Préciser le phénomène physique qui se produit au niveau du condensateur.

2°) Reproduire le circuit de la **figure -5-** sur le quel on représente le branchement d'un oscilloscope bicourbe permettant d'observer la tension u_C sur la voie X et u_R sur la voie Y.

3°) Les tensions obtenues sont représentées sur la **figure -6-** par les chronogrammes ❶ et ❷.

a) Identifier les chronogrammes ❶ et ❷.

b) En déduire la valeur de E. Justifier.

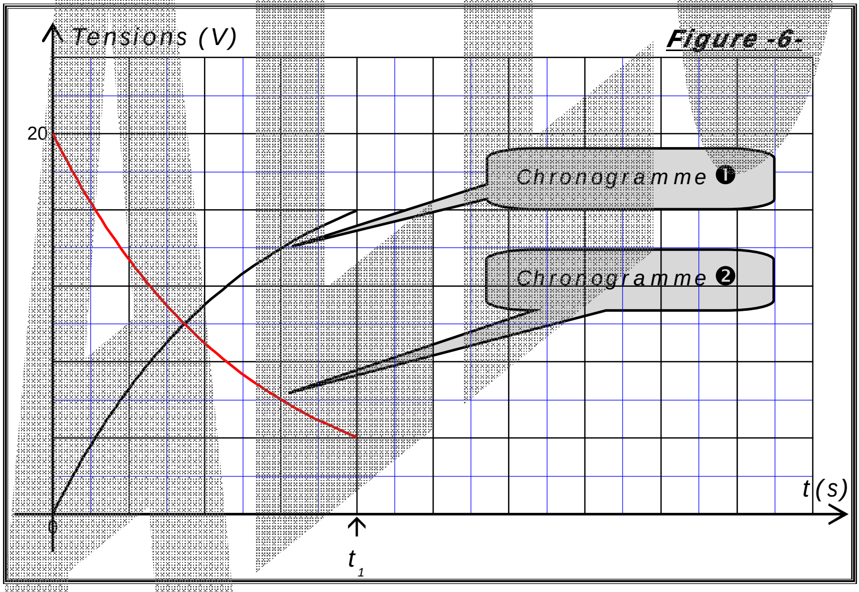


Figure -6-

4°) Montrer que l'étude de la tension $u_c(t)$ permet de faire celle de la charge q(t) portée par l'armature A du condensateur.

5°) Un système d'acquisition approprié permet d'obtenir le chronogramme de la **figure -7- de la page 5/5,** représentant les variations de la charge q portée par l'armature A du condensateur au cours du temps. (Δ) étant la tangente à la courbe q(t) à l'instant de date t = 0.

a) Etablir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la charge q(t) du condensateur.

b) La solution de cette équation est de la forme : $q(t) = A\,e^{\alpha t} - B$, déterminer les expressions des constantes A, B et α en fonction des paramètres du circuit.

c) L'équation de tangente (Δ) est : $q(t) = 1{,}3.10^{-3}\,t$. Déduire les valeurs de R et de τ constante de temps du dipôle RC considéré. Graduer alors l'axe des temps de la **figure -7- de la page 5/5,** la méthode sera indiquée sur la figure.

6°)a) Montrer qu'à la date t = t_1, l'armature A du condensateur porte 80 % de sa charge maximale.

b) Exprimer t_1 en fonction de R et C. Calculer t_1 et retrouver sa valeur graphiquement.

7°) Calculer la valeur R_0 de R tel que à l'instant de date t = t_1, le condensateur sera chargé à 1 ‰ prés.

Partie C :

On désire comparer la charge d'un condensateur avec un générateur de courant (Partie A) à la charge d'un condensateur avec un générateur idéal de tension (partie B).

Remplir le tableau de la ***figure -8- de la page 5/5.***

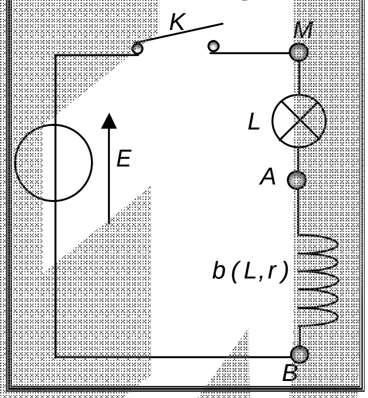
EXERCICE N°2 : (3,5 points)

On réalise le circuit schématisé par la ***figure-9-.***

Ce circuit comporte un générateur délivrant entre ces bornes une tension électrique E = 6V, une bobine d'inductance L et de résistance interne r, une lampe L et un interrupteur K, montés tous en série.

A l'instant de date t = 0, on ferme l'interrupteur (K).

Figure -9-



1°) a) *Qu'observe-t-on ? Quel est le phénomène physique qui se produit dans la bobine ?*

b) Enoncer la loi de LENZ.

c) Indiquer en le justifiant, le sens du courant induit dans la bobine sur un schéma clair.

2°) *la lampe est maintenant assimilée à un résistor de résistance R.*

a) Etablir l'équation différentielle régissant les variations de l'intensité de courant i(t) dans le circuit.

b) *En déduire l'équation différentielle régissant les variations de la tension $u_b(t)$ aux bornes de la bobine.*

NOM ET PRENOM : **CLASSE :**

FEUILLE A REMETTRE AVEC LA COPIE

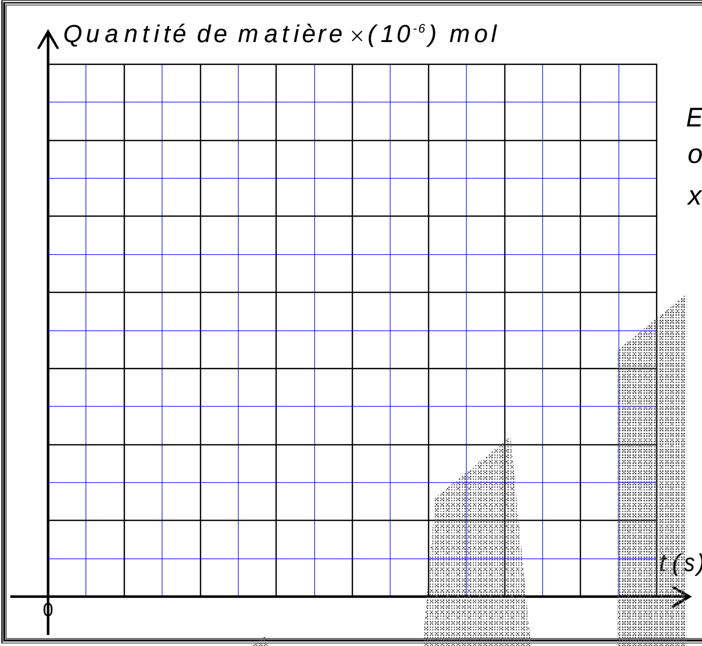


Figure -1-

Echelle de l'axe des ordonnées :

x mol ⟶ 1cm

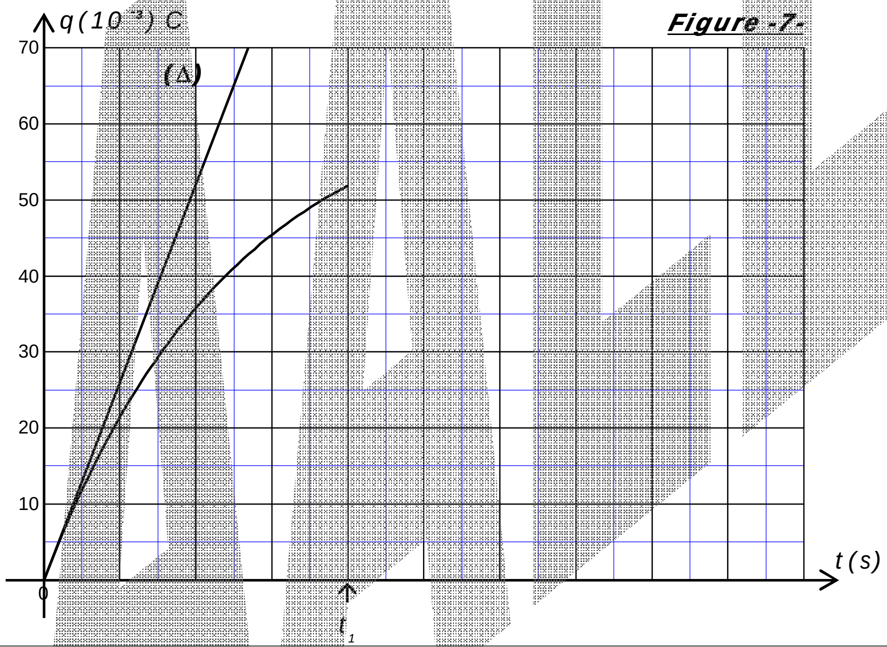


Figure -7-

Figure -8-

	Charge d'un condensateur avec un générateur de courant	Charge d'un condensateur avec un générateur idéal de tension
Nature de la charge		
Citer un avantage		
Citer un inconvénient		

CHIMIE : (7 points)

EXERCICE N°1 : (4,5 Points)

1°) Transformation qui se produit : Apparition d'une couleur violette qui devient de plus en plus foncée au cours du temps, qui s'explique par l'oxydation des ions manganèse Mn^{2+} (incolore) en ions permanganate MnO_4^- (violet).

2°) a) Equations formelles des deux couples :

*/ Couple n°1 : MnO_4^- / Mn^{2+} : $MnO_4^- + 8\,H_3O^+ + 5\,é \rightleftarrows Mn^{2+} + 12\,H_2O$.

*/ Couple n°2 : IO_4^- / IO_3^- : $IO_4^- + 2\,H_3O^+ + 2\,é \rightleftarrows IO_3^- + 3\,H_2O$.

b) Equation chimique de la réaction redox: $2\,Mn^{2+} + 5\,IO_4^- + 24\,H_2O + 10\,H_3O^+ \rightarrow 5\,IO_3^- + 2MnO_4^- + 16\,H_3O^+ + 15\,H_2O$.

3°) Travailler en milieu acide? Car l'ion hydronium H_3O^+ est un réactif.

4°) */ Calcul des nombres de mole initial des réactifs :

*/ Sulfate de manganese: $Mn\,SO_4 \longrightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-} \Rightarrow \boxed{n(Mn^{2+})_i = C_2V_2}$ A.N : $n(Mn^{2+})_i = 7{,}6.10^{-6}$ mol .

*/ Périodate de calcium: $Ca(IO_4)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,IO_4^- \Rightarrow \boxed{n(IO_4^-)_i = 2C_1V_1}$ A.N : $n(IO_4^-)_i = 22{,}8.10^{-6}$ mol .

****/ Réactif limitant :*** D'après l'équation : $\dfrac{n(Mn^{2+})}{n(IO_4^-)} = \dfrac{2}{5} = 0{,}4$. D'autre part : $\dfrac{n(Mn^{2+})i}{n(IO_4^-)i} = 0{,}33 < 0{,}4 \Leftrightarrow Mn^{2+}$ limitant.

5°) Tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$2\,Mn^{2+}$ +	$5\,IO_4^-$ +	$9\,H_2O$ →	$5\,IO_3^-$ +	$2MnO_4^-$ +	$6\,H_3O^+$
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)					
Etat initial	0	$7{,}6.10^{-6}$	$22{,}8.10^{-6}$		0	0	
Etat intermédiaire	x	$7{,}6.10^{-6}-2x$	$22{,}8.10^{-6}-5x$		5x	2x	
Etat final	x_f	$7{,}6.10^{-6}-2x_f$	$22{,}8.10^{-6}-5x_f$		$5x_f$	$2x_f$	

6°) Bilan de matière :

****/ Calcul de x_f :*** $\begin{cases} 7{,}6.10^{-6} - 2x \geq 0 \\ \mathbf{22{,}8.10^{-6} - 5x \geq 0} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x \leq 3{,}8.10^{-6} \\ x \leq \mathbf{4{,}56.10^{-6}} \end{cases}$

$\Leftrightarrow x_f = 3{,}8.10^{-6}$ mol.

****/ En utilisant la dernière ligne du tableau d'avancement, on trouve :***

$n(Mn^{2+})_f = 7{,}6.10^{-6} - 2x_f = 0$ mol.

$n(IO_4^-)_f = 22{,}8.10^{-6} - 5x_f = 3{,}8.10^{-6}$ mol

$n(MnO_4^-)_f = 2x_f = 7{,}6.10^{-6}$ mol

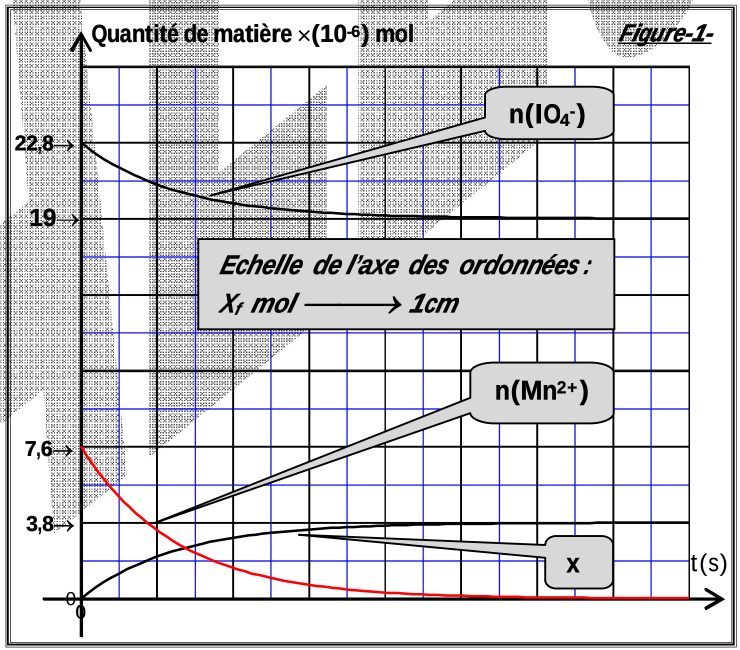
$n(IO_3^-)_f = 5x_f = 19.10^{-6}$ mol

****/ Retrouver le réactif limitant :***

$n(Mn^{2+})_f = 0$mol , Mn^{2+} est totalement consommé en fin de réaction, alors il est limitant.

7°) Courbes représentatives des quantités de matière des réactifs et de l'avancement en fonction du temps :

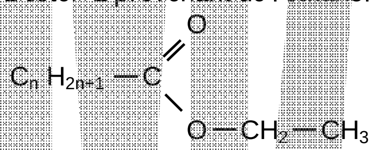
Voir figure-1-



EXERCICE N°2 : (2,5 Points)

1°) Montrons que A est l'acide propanoïque et E est le propanoate d'éthyle

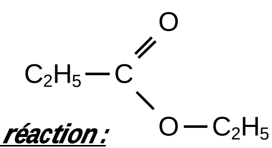
L'ester E provenant de l'éthanol a pour formule :



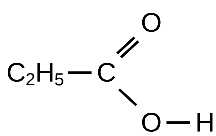
La masse molaire de l'ester E est :

$M_E = (n+3)M_C + 2M_O + (2n+6)M_H = 102\ g.mol^{-1} \Leftrightarrow n=2$.

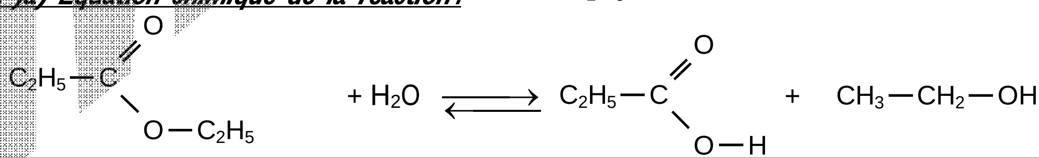
D'où la formule de l'ester E est :



, et la formule de l'acide est



2°)a) Equation chimique de la réaction :



b) Calcul de l'avancement maximal x_{max} ? $n_{Ei} = \frac{m_E}{M_E} = \frac{5,2}{102} = 0,05$ mol, alors $x_{max} = 0,05$ mol (utiliser le tableau d'avancement).

3°) a) Déduire l'avancement final x_f de la réaction. Conclure.

D'après la courbe de la ***figure-2-***, on a $0,05 - x_f = 33,5.10^{-3}$ $\Rightarrow x_f = 16,5.10^{-3}$ mol.

Calculons $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = 0,33 < 1 \Rightarrow$ On conclue alors que la réaction d'hydrolyse de l'ester est limitée.

b) */ Définir la vitesse instantanée d'une réaction.

La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant de date t_1, notée $v(t_1)$ est la limite vers laquelle tend la vitesse moyenne de la réaction entre les instants de dates t_1 et t_2 , lorsque t_2 tend vers t_1. Elle s'exprime en $mol.s^{-1}$.

$$v(t_1) = \lim_{t_2 \to t_1} [\, v_{moy}(t_1, t_2)\,] = \lim_{t_2 \to t_1} \left[\frac{[x(t_2) - x(t_1)]}{[t_2 - t_1]} \right] = \left[\frac{dx}{dt} \right]_{t = t1}$$

Graphiquement, la vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant de date t_1 est le coefficient directeur de la tangente (Δ) à la courbe $x = f(t)$ au point d'abscisse t_1.

****/ La déterminer à l'instant de date t =1 heure.***

$v(t_1) = \left[\frac{dx}{dt} \right] = - \left[\frac{dn_E}{dt} \right]$. On choisit 2 points de la tangente à la courbe $n_E(t)$ et on calcule son coefficient directeur.

On trouve $v(t_{1 = 1\,heure}) = 4,44.10^{-3}$ $mol.h^{-1} = 1,23.10^{-6}$ $mol.s^{-1}$.

PHYSIQUE : (13 points) :EXERCICE N°1 : (9,5 points)

Partie A :

1°) Tensions observées sur chaque voie de l'oscilloscope :

***/** Voie Y_1 : On observe la tension $u_{BA} = - u_C$ ***/** Voie Y_2 : On observe la tension $-u_{DA} = u_G$

2°) a) */ Identification de ces deux oscillogrammes :

***/** L'oscillogramme ❶ représente u_G ***/** L'oscillogramme ❷ représente $-u_C$

****/ Justification :*** A t=0, le condensateur est initialement déchargé , donc $u_C(0) = 0V$. La charge est linéaire, donc $u_C(t) = at$, cette courbe représentative doit passer par l'origine. C'est le cas de l'oscillogramme❷.

b) */ Intensité I_0 du courant débité par le générateur :

A t=0, u_C=0. Loi des Mailles : $u_C + u_R - u_G = 0$ Valable $\forall t$. A t= 0, $u_R - u_G = 0 \Rightarrow u_R = u_G \Rightarrow RI_0 = u_G \Rightarrow I_0 = \frac{u_G}{R}$.

D'après l'oscillogramme ❶ de la *figure-4-*, $u_G(0) = 1,4 \times 10 = 14V$, et par suite $I_0 = 93,33.10^{-6}A$.

****/ Valeur C de la capacité du condensateur :***

D'après l'oscillogramme ❷ de la figure-4- : $-u_C = at$ avec a coefficient directeur de l'oscillogramme ❷.

On trouve $a = -200\ Vs^{-1} \Leftrightarrow -u_C = -200t \Leftrightarrow u_C = 200\,t$.

D'autre part on a : $u_C = \frac{I_0}{C}\ t$, donc $\frac{I_0}{C} = 200 \Rightarrow C = \frac{I_0}{200}$. A.N : $C = 0,46.10^{-6}F$.

3°) distance e séparant les deux armatures du condensateur.

$e = \varepsilon_0\ \varepsilon_r \frac{S}{C}$. A.N : $e = 0,25.10^{-6}$ m.

Partie B :

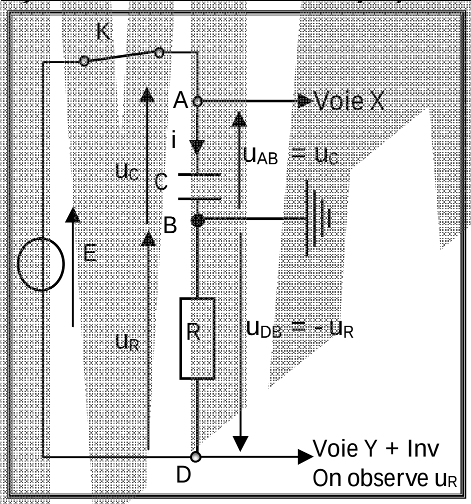
1°) Phénomène physique qui se produit au niveau du condensateur.

Le phénomène observé est la charge exponentielle du condensateur qui se fait en deux régimes :

***/** Régime transitoire : si t ↑ alors u_c ↑ exponentiellement

***/** Régime permanant : si t ↑ alors u_c = constante = E

2°) Branchement de l'oscilloscope permettant d'observer la tension u_C sur la voie X et u_R sur la voie Y



3°) a) Identifier les chronogrammes ❶ et ❷.

* / Le chronogramme ❶ représente u_C.

* / Le chronogramme ❷ représente u_R.

b) */ En déduire la valeur de E. :

D'après le chronogramme❷, E = 20V.

****/ Justification :***

Loi des Mailles : $u_C + u_R - E = 0$ Valable $\forall t$.

A t= 0, u_C=0 , alors $u_R - E = 0 \Rightarrow u_R = E$.

4°) La tension $u_C(t)$ permet de faire l'étude de q(t) ?

$q(t) = C\,u_C(t)$, donc q(t) et $u_C(t)$ sont deux grandeurs proportionnelles, alors l'étude de $u_C(t)$ permet de faire celle de q(t)

5°)a) Equation différentielle de variable q(t).

***/** Circuit : Voir la figure de branchement.

***/** Loi des mailles : $u_C + u_R - E = 0$.

***/** Détail : $u_C = \frac{q}{C}$, $u_R = R\,i = R\frac{dq}{dt}$.

Dans la loi des mailles, on obtient : $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}\ q = \frac{E}{R}$.

b) Déterminer des expressions des constantes A, B et α en fonction des paramètres du circuit :

L'équation différentielle : $\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}\,q = \frac{E}{R}$

La solution de l'équation différentielle : $q(t) = A\,e^{\alpha t} - B$

La condition initiale : à t=0, q=0.

****/ Première étape :*** La condition initiale dans la solution : on obtient A = B ; la solution devient : $q(t) = A\,e^{\alpha t} - A$

****/ Deuxième étape :*** La solution vérifie l'équation différentielle :

$\frac{dq}{dt} = A\alpha\,e^{\alpha t}$, et par suite on obtient : $A = -CE$; $\alpha = -\frac{1}{RC}$; la solution devient : $q(t) = CE\,[1 - e^{-t/RC}]$

c) Déduire les valeurs de R et de τ et Graduer alors l'axe des temps de la figure-7- :

****/Valeur de R*** : (Δ) : $q(t) = 1{,}3.10^{-3}\,t$. Le coefficient directeur de la tangente (Δ) à la courbe q(t) à t=0 et $a = 1{,}3.10^{-3}\,Cs^{-1}$

D'autre part théoriquement, Le coefficient directeur de la tangente (Δ) à la courbe q(t) à t=0 est $[\frac{dq}{dt}]_{t=0}$.

$\frac{dq}{dt} = \frac{E}{R}\,e^{-t/RC}$;

$t=0\ [\frac{dq}{dt}]_{t=0} = \frac{E}{R}$.

Donc $\frac{E}{R} = 1{,}3.10^{-3}$

$\Rightarrow R = \frac{E}{1{,}3\,10^{-3}}$.

A.N : R = 15384,61 Ω.

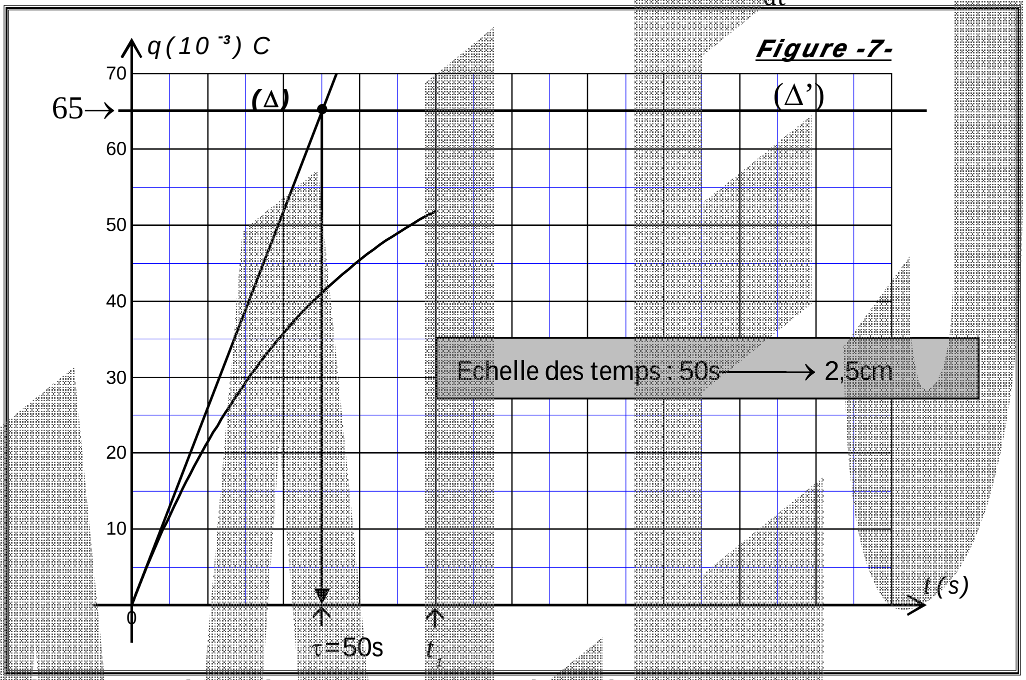
****/ Valeur de τ :***

$\tau = RC$; A.N : τ = 50s.

****/ Graduer alors l'axe des temps de la figure-7- :***

$Q_{max} = CE = 65.10^{-3}C$, utiliser la méthode de la tangente pour déterminer τ.

D'où l'échelle des temps.



6°)a) Montrer qu'à la date $t = t_1$, l'armature A du condensateur porte 80% de sa charge maximale.

A $t = t_1$, $q(t_1) = 52.10^{-3}C$.

Si $Q_{max} = CE = 65.10^{-3}C$ représente 100%, alors $q(t_1) = 52.10^{-3}C$ représente 80% de la charge maximale.

b) Exprimer t_1 en fonction de R et C. Calculer t_1 et retrouver sa valeur graphiquement.

$q(t) = CE\,[1 - e^{-t/RC}]$, à $t = t_1$, $q(t_1) = 0{,}8\,CE$

$q(t_1) = CE\,[1 - e^{-t_1/RC}]$

Alors on déduit que $t_1 = 1{,}6\,RC$ A.N : t_1 = 80s.

Graphiquement , en utilisant l'échelle des temps, on vérifie que t_1 qui est représenté par 5 cm, vaut 80s

7°) Calculer la valeur R_0 de R tel que à l'instant de date $t = t_1$ le condensateur sera chargé à 1 ‰ prés.

le condensateur sera chargé à 1 ‰ prés $\Leftrightarrow$ q=0,999CE.

$$\left.\begin{array}{l} q(t_1) = 0{,}999\,CE \\ q(t_1) = CE\,[1 - e^{-t_1/R_0C}] \end{array}\right\}\ \text{Ce qui donne } R_0 = \frac{t_1}{6{,}9C}\quad \text{A.N : } t_1 = 3566{,}34\ \Omega.$$

PartieC :

	Charge d'un condensateur avec un générateur de courant	Charge d'un condensateur avec un générateur idéal de tension
Nature de la charge	Charge linéaire	Charge exponentielle
Citer un avantage	u_C = at , on peut charger le condensateur à n'importe quelle tension u_C voulue	Pas de risque de claquage
Citer un inconvénient	Risque de claquage si u_C dépasse la tension de claquage.	La tension de charge du condensateur est limitée par la fem du générateur

EXERCICE N°2 : (3,5 points)

1°) a) */ Qu'observe-t-on ?

La lampe L ne s'allume pas instantanément, mais elle s'allume avec un retard .

Le phénomène physique qui se produit dans la bobine ?

C'est le phénomène d'auto induction.

b) Enonce de la loi de LENZ :

Le courant induit a un sens tel que par ses effets 'il s'oppose à la cause qui lui a donné naissance.

c) Indiquer en le justifiant, le sens du courant induit dans la bobine sur un schéma clair.

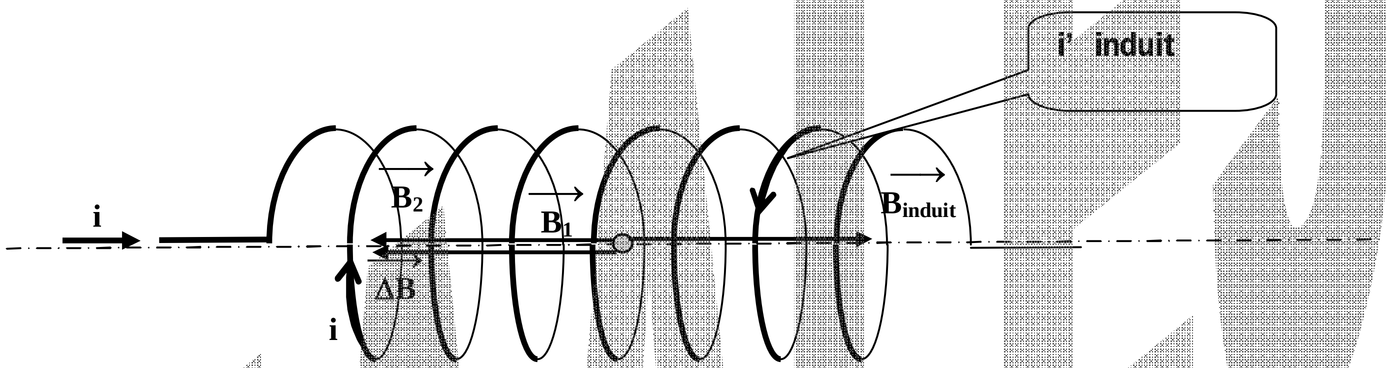
*/ Juste avant la fermeture $\overrightarrow{B_1} = \vec{0}$

*/ Juste après la fermeture $\overrightarrow{B_2}$

*/ Variation du champ magnétique : $\overrightarrow{\Delta B} = \overrightarrow{B_2} - \overrightarrow{B_1} = \overrightarrow{B_2}$

*/ Loi de lenz : Création d'un champ induit $\overrightarrow{B_{induit}} = - \overrightarrow{\Delta B}$

*/ Régle d'observateur d'ampére donne le sens du courant induit i'



2°)a) Equation différentielle de variable i(t) :

$$\frac{di}{dt} + \frac{(R+r)}{L}\, i = \frac{E}{L}$$

b) En déduire l'équation différentielle de variable $u_b(t)$:

$$\frac{du_b}{dt} + \frac{(R+r)}{L}\, u_b = \frac{rE}{L}$$