CHIMIE : (7 points)

EXERCICE N° : 1 (4 points)

1°) a) Nombre de mole d'acide éthanoïque : $\boxed{n_{Ac} = \frac{\rho_{eau}.d_{Ac}V_1}{M_{Ac}}}$ ❶ A.N : n_{Ac} = 0,9 mol.

b) Volume V_2 : $n_{Al} = n_{Ac}$ (mélange équimolaire) $\boxed{V_2 = \frac{n_{Ac}.M_{Al}}{\rho_{eau}.d_{Al}}}$ ❷ A.N : V_2 = 36mL.

2°) Tableau d'avancement: (Avec tous les détails) :

Equation de la réaction		Acide CH_3COOH +	Alcool CH_3OH $\longrightarrow$	Ester CH_3COOCH_3 +	eau H_2O
Etat du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	0,9	0,9	0	0
Etat intermédiaire	x	0,9 - x	0,9 - x	x	x
Etat final	x_f	0,9 – x_f	0,9 – x_f	x_f	x_f

3°) a) Expression de K en fonction de τ_{f1} :

D'après la L.A.M : $K = \frac{[Ester]_{éq}[Eau]_{éq}}{[Acide]_{éq}[Alcool]_{éq}} = (\frac{x_{f1}}{0,9 - x_{f1}})^2$. Or x_{max} = 0,9 mol ; et $\tau_{f1} = \frac{x_{f1}}{x_{max}} = \frac{x_{f1}}{0,9}$

et par suite on déduit : $\boxed{K = [\frac{\tau_{f1}}{1-\tau_{f1}}]^2}$ ❸.

b) Montrer que $\tau_{f1} = \frac{2}{3}$ = 0,66 ? K = 4, dans ❸, on obtient $\tau_{f1} = \frac{2}{3}$ en tenant compte que $0<\tau_{f1}<1$.

c) Composition du mélange à l'équilibre :

$x_{f1} = 0,9\ \tau_{f1}$ = 0,6 mol. En utilisant la dernière ligne du tableau d'avancement, on obtient la composition :

*/ $n_{Ac} = n_{Al}$ = 0,3 mol. */ $n_{Ester} = n_{Eau}$ = 0,6 mol.

4°) Etat su système à t_1 et sens d'évolution spontané :

*/ Acide + Alcool $\rightleftarrows$ Ester + eau.

t_1 : 0,3+0,1mol 0,3mol 0,6mol 0,6+0,1 mol

Calculons $\pi(t_1) = 3,5 \neq K$, alors le système n'est pas en état d équilibre.

*/ $\pi(t_1) < K$, alors le système évolue spontanément dans le sens qui tend à augmenter π : c'est le sens d'estérification.

5°) a) Montrons que $K = \frac{\tau_{f2}^2}{(1-\tau_{f2})(\frac{b}{a}-\tau_{f2})}$?

*/ Acide + Alcool $\rightleftarrows$ Ester + eau.

t=0 : a mol b mol 0mol 0 mol

$t_{éq}$: $(a - x_{f2})$mol $(b - x_{f2})$mol x_{f2} mol x_{f2} mol

x_{max} = a, car a<b et $\tau_{f2} = \frac{x_{f2}}{a}$, donc $x_{f2} = a\ \tau_{f2}$

Dans $\boxed{K = \frac{[Ester]_{éq}[Eau]_{éq}}{[Acide]_{éq}[Alcool]_{éq}} = \frac{\tau_{f2}^2}{(1-\tau_{f2})(\frac{b}{a}-\tau_{f2})}}$ ❹

b) Calcul de τ_{f2} = ? b = 1,75 a ⇨ $\frac{b}{a}$ = 1,75 et K = 4 dans l'équation❹, on obtient une équation du second degré :

$3(\tau_{f2})^2 - 11\ \tau_{f2} + 7 = 0$, les deux solutions sont : τ_{f2}' = 0,82 et τ_{f2}'' = 2,84 et puisque $\tau_{f2}<1$ alors on retient la solution τ_{f2}' = 0,82.

c) */Comparer τ_{f2} et τ_{f1} : $\tau_{f2} > \tau_{f1}$

*/ Conclure : Le taux final d'une réaction dépend de la composition initiale du mélange.

EXERCICE N° : 2 (3 points)

1°) Montrer que le mélange initial est équimolaire, contenant 10^{-2} mole de chaque réactif.

***/** Pour la solution de $Fe_2\ (SO_4)_3$: $C_1 = 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$, alors $\boxed{n\,(Fe^{3+}) = 2C_1\,V_1}$ A.N : $n_{Fe^{3+}} = 10^{-2}$ mol.

***/** Pour la solution de NaSCN $C_2 = 0,1\ mol.L^{-1}$, alors $\boxed{n_{SCN^-} = C_2\,V_2}$ A.N : $n_{SCN^-} = 10^{-2}$ mol.

2°) a) Détermination de la composition molaire du système (S) obtenu à l'équilibre :

	Fe^{3+}	+ SCN^- $\rightleftharpoons$	$FeSCN^{2+}$
A t=0 :	10^{-2}mol	10^{-2}mol	0
A $t_{éq}$:	$(10^{-2} - x_f)$mol	$(10^{-2} - x_f)$mol	(x_f)mol

$x_{max} = 10^{-2}$mol ,et $\tau_f = \dfrac{x_f}{10^{-2}}$ ⇨ $\boxed{x_f = 10^{-2}.\ \tau_f}$

A.N: $x_f = 0,6.10^{-2}$mol.

Et par suite la composition à l'équilibre est:

*/ $n_{Fe^{3+}} = n_{SCN^-} = 0,4.10^{-2}$ mol. */ $n_{FeSCN^{2+}} = 0,6\ .10^{-2}$mol.

b) Enoncer la loi d'action de masse :

Soit un équilibre symbolisé par : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$. La fonction π des concentrations prend, à l'équilibre une valeur constante K , appelée constante d'équilibre qui ne dépend que de la température.

$$(\pi)_{éq} = \frac{[C]^c_{éq}\ [D]^d_{éq}}{[a]^a_{éq}\ [B]^b_{éq}} = K = f(T).$$

c) Calcul de la constante d'équilibre K : D'après la L.A.M, $\boxed{K = \dfrac{[FeSCN^{2+}]}{[Fe^{3+}]\ .[SCN^-]} = \dfrac{(V_1 + V_2)\ x_f}{(10^{-2} - x_f)^2}}$ A.N : K = 75.

3°) a) Effet de l' ajout de V' sur la constante d'équilibre K :

Puisque K ne dépend que de la température, l'addition de V' n'a pas d'influence sur K.

b) Effet de cette opération sur l'équilibre et sur l'intensité de la couleur rouge sang :

***/** Avant l'addition et après l'addition π reste toujours constante égale à K. Donc cette addition n'influe pas sur l'équilibre.

***/** $[FeSCN^{2+}] = \dfrac{n_{FeSCN2+}}{V_{Totale}}$ diminue car V_{Totale} augmente d'où l'intensité de la couleur rouge sang s'atténue.

PHYSIQUE : (13 points)

EXERCICE N°1 : (2 points) ***ETUDE D'UN DOCUMENT SCIENTIFIQUE :***

1°) */ La nouvelle technique de cuisson est L'utilisation des plaques à induction.

***/** Le principe de cette nouvelle technique : Créer un champ magnétique oscillant au dessus de la plaque vitrocéramique, grâce à la circulation d'un courant alternatif intense dans une bobine. Ce champ va induire au fond du récipient une multitude de courants de Foucault, qui, par effet Joule, vont chauffer les aliments.

2°) */ le phénomène physique découvert au dix-neuvième siècle : L'induction électromagnétique.

***/** Définition : Soit une bobine placée dans un circuit fermé et plongée dans un champ magnétique variable

Résultat : Création d'un courant induit dans la bobine qui par ses effets s'oppose à la variation du champ magnétique. Ce phénomène est appelé 'induction électromagnétique, la bobine est l'induit, l'élément qui crée le champ magnétique est appelé l'inducteur.

3°) */ l'induit est le récipient.

*/ l'inducteur est la bobine.

4°) Les avantages de cette nouvelle méthode de cuisson :

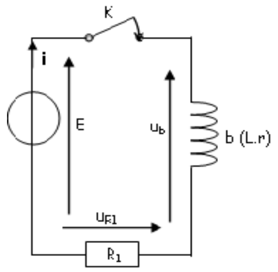
***/** La chaleur est directement générée dans le récipient, ce qui évite les pertes d'énergie.

***/** Notre corps est insensible au champ magnétique. La main ne peut pas être le siège de courants de Foucault et ne risque pas d'être brulée lorsqu'elle se pose sur une plaque a induction.

5°) Non on ne peut pas cuire des aliments dans un récipient en céramique, car le fond du récipient n'est pas ferromagnétique.

EXERCICE N°2 : (7 points)

I°) 1°) a) <u>Etablir l'équation différentielle de variable u_b :</u>



*/ Circuit :

*/ Loi des mailles : $u_{R1} + u_b - E = 0$

*/ Développement : $R_1 i + L\dfrac{di}{dt} + ri = E \Rightarrow \boxed{L\dfrac{di}{dt} + (r + R_1)\, i = E}$ ❶

Or d'après la loi des mailles : $i = \dfrac{(E - u_b)}{R_1}$ et $\dfrac{di}{dt} = -\dfrac{1}{R_1}\dfrac{du_b}{dt}$

dans ❶ on obtient le résultat à démontrer : $\boxed{\dfrac{du_b(t)}{dt} + \dfrac{(R_1 + r)}{L}\, u_b(t) = \dfrac{rE}{L}}$. ❷

b) <u>Expression des constantes A, B et α en fonction des paramètres du circuit :</u>

$u_b(t) = A + B \exp(\alpha t)$; Condition initiale CI : à t = 0 , u_b = E.

/ 1

<u>***/ $1^{ére}$ étape :**</u> La CI dans la solution : E = A + B $\Rightarrow$ $\boxed{A = E - B}$ ❸

La solution devient $u_b(t) = E - B + B \exp(\alpha t)$

<u>***/ $2^{éme}$ étape :**</u> La solution vérifie l'équation différentielle : calculons $\dfrac{du_b(t)}{dt} = \alpha B \exp(\alpha t)$.

Dans ❷ $\alpha B \exp(\alpha t) + \dfrac{(R_1 + r)}{L}[E - B + B \exp(\alpha t)] = \dfrac{rE}{L} \Rightarrow$

$[\alpha B + B\dfrac{(R_1 + r)}{L}] \exp(\alpha t) + [\dfrac{(R_1 + r)}{L}(E-B) - \dfrac{rE}{L}] = 0$ cette équation est vrai $\forall$ t, ssi :

$[\alpha B + B\dfrac{(R_1 + r)}{L}] = 0$ et $[\dfrac{(R_1 + r)}{L}(E-B) - \dfrac{rE}{L}] = 0$

On obtient alors : $\boxed{B = \dfrac{R_1 E}{(R_1 + r)}}$; $\boxed{\alpha = -\dfrac{(R_1 + r)}{L}}$ et $\boxed{A = E - B = \dfrac{rE}{(R_1 + r)}}$.

<u>En déduire alors l'expression de $u_b(t)$:</u>

$u_b(t) = E - B + B \exp(\alpha t) = \dfrac{ER_1}{(R_1 + r)} \exp\left(-\dfrac{(R_1 + r)}{L} t\right) + \dfrac{rE}{(R_1 + r)}$.

2°) <u>Expression de la tension $u_{R1}(t)$:</u>

D'après la loi des mailles : $u_{R1}(t) = -u_b + E \Rightarrow u_{R1}(t) = \dfrac{ER_1}{(R_1 + r)}\left[1 - \exp\left(-\dfrac{(R_1 + r)}{L} t\right)\right]$.

3°) a) <u>Valeur de E</u> : A t = 0 , $u_b(0)$ = E , d'après la <u>figure-2- de la page 5/5</u>, E = 12V.

b) <u>Valeur de u_b et u_{R1} en régime permanant :</u>

*/ d'après la <u>figure-2- de la page 5/5</u> , $u_b(\infty)$ = 4V

*/ D'après la loi des mailles : $u_{R1}(\infty) = E - u_b(\infty) = 12 - 4 = 8V$.

c) <u>Montrons que l'abscisse du point A est la constante de temps τ_1 du dipôle (R_1,r,L) :</u>

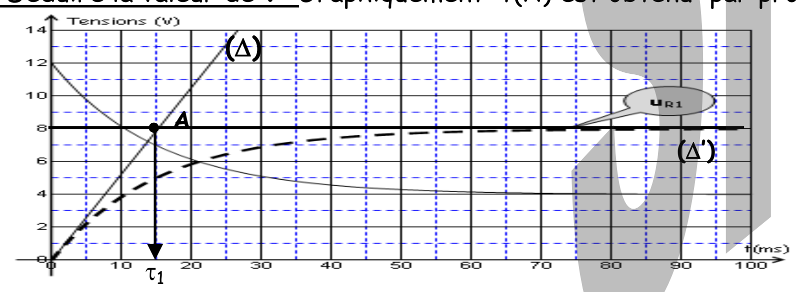
***/** Equation de la tangente (Δ) : $u_{R1}(t)$ = a t, avec a : coefficient directeur de la tangente à la courbe u_{R1} à t=0.

$a = [du_{R1}(t)]_{t=0} = \dfrac{ER_1}{L}$ et par suite l'équation de (Δ) : $u_{R1}(t) = \dfrac{ER_1}{L}\, t$.

***/** Equation de l'asymptote (Δ') à $u_{R1}(t)$ en $+\infty$: $u_{R1}(t)$ = constante = $\dfrac{ER_1}{(R_1 + r)}$.

***/** Le point A = (Δ) $\cap$ (Δ') alors $\dfrac{ER_1}{L}\, t(A) = \dfrac{ER_1}{(R_1 + r)} \Rightarrow t(A) = \dfrac{L}{(R_1 + r)} = \tau_1$.

<u>***/** Déduire la valeur de τ :</u> Graphiquement t(A) est obtenu par projection orthogonale du point A sur l'axe des abscisses.



On obtient $t(A) = \tau_1 = 15 \cdot 10^{-3}$s.

d) <u>Représenter l'allure du chronogramme $u_{R1}(t)$.</u>

$u_{R1}(0) = 0$; $u_{R1}(\infty) = 8V$

e) Détermination des valeurs de L et r :

***/** $\boxed{u_{R1}(\infty) = 8V = \dfrac{ER_1}{(R_1 + r)}}$ ❹ ***/** $\boxed{\dfrac{L}{(R_1 + r)} = \tau_1}$ ❺ ; d'après ❹ et ❺ on obtient L = 2,25 H et r = 50 Ω.

4°) Comparaison qualitative (sans calcul) de L et L', ainsi que r et r' :

*/ En régime permanent : $i(\infty) = I_0 = \dfrac{E}{(R_1 + r)}$; I_0 ne dépend pas de L , d'après la ***figure-3- de la page 5/5***,

I_0 (❶) > I_0 (❶') ⇨ $\boxed{r < r'}$.

***/** Pour la courbe i(t) , le coefficient directeur de la tangente à cette courbe à t=0 est $a = [\dfrac{di}{dt}]_{t=0} = \dfrac{E}{L}$

→ Pour la courbe ❶, $a_1 = \dfrac{E}{L}$ d'après la ***figure-3- de la page 5/5*** , $a_1' > a_1$ ⇨ $\dfrac{E}{L'} > \dfrac{E}{L}$ ⇨ $L' < L$

→ Pour la courbe ❶', $a_1' = \dfrac{E}{L'}$

En déduire l'effet du remplacement de b par b' sur l'établissement du courant :
En remplaçant b par b', le courant s'établit plus rapidement car $\tau_1' < \tau_1$.

II°) 1°) Rôle de la diode (d) : Dans cette expérience, au cours de l'ouverture de K la diode n'a pas de rôle. En effet si on élimine cette diode le courant de rupture trouve un circuit fermé dans le quel il circule.

2°) ***/** Réponse du dipôle (R_2,r,L) à l'ouverture de K : La réponse du dipôle (R_2,r,L) à l'échelon de tension (+E,0) , ouverture de K , est la rupture du courant dans la bobine qui se fait en deux régimes :

***/** Régime transitoire : si t ↑ alors i ↓ exponentiellement à partir de la valeur $\boxed{I_0 = \dfrac{E}{(R_0+r)}}$

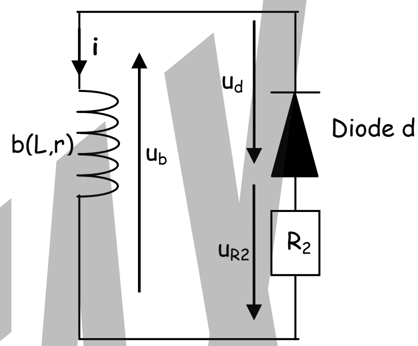
***/** Régime permanant : si t ↑ alors i = constante = 0

***/** Justification du retard de la rupture :

Création d'un courant induit dans la bobine qui s'oppose à l'annulation du courant (phénomène d'auto-induction). En régime permanant, le courant induit disparait, et l'intensité du courant prend la valeur i = 0.

3°) Equation différentielle de variable $u_{R2}(t)$:

***/** Circuit :



***/** Loi des mailles : $u_{R2} + u_b + u_d = 0$ (Diode passante, équivalente à un interrupteur K fermé , $u_d \approx 0$).

***/** Développement : $R_2 i + L\dfrac{di}{dt} + ri = 0$ ⇨ $L\dfrac{di}{dt} + (R_2+r)\,i = 0$;

$i = \dfrac{u_{R2}}{R_2}$ ⇨ $\dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{R_2}\dfrac{du_{R2}}{dt}$ d'où le résultat: $\boxed{\dfrac{du_{R2}}{dt} + \dfrac{(R_2+r)}{L}\, u_{R2} = 0}$

4°) Vérifions que $u_{R2}(t) = \dfrac{R_2E}{(R_1+r)} \exp[-\dfrac{(R_2+r)}{L}t]$ est une solution de l'équation différentielle :

Calculons $\dfrac{du_{R2}}{dt} = -\dfrac{R_2E(R_2+r)}{L(R_1+r)} \exp[-\dfrac{(R_2+r)}{L}t]$

Dans l'équation différentielle : $-\dfrac{R_2E(R_2+r)}{L(R_1+r)} \exp[-\dfrac{(R_2+r)}{L}t] + \dfrac{(R_2+r)}{L}\dfrac{R_2E}{(R_1+r)} \exp[-\dfrac{(R_2+r)}{L}t] = 0$.

Ce qu'il faut prouver.

5°) A l'instant de date $t = \tau_2$, la tension $u_{R2}(\tau_2) = 14{,}76$ V.

***/** Calculer R_2 : $u_{R2}(t) = \dfrac{R_2E}{(R_1+r)} \exp[-\dfrac{(R_2+r)}{L}t]$,

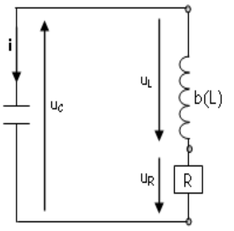
à $t = \tau_2$, $u_{R2}(\tau_2) = \dfrac{R_2E}{(R_1+r)} \exp[-\dfrac{(R_2+r)}{L}\tau_2] = \dfrac{R_2E}{(R_1+r)}\exp(-1)$ d'où : $\boxed{R_2 = \dfrac{u_{R2}(R_1+r)}{E\exp(-1)}}$ A.N : $R_2 = 512{,}5\ \Omega$.

***/** déduire τ_2 : $\boxed{\tau_2 = \dfrac{L}{(R_2 + r)}}$ A.N : $\tau_2 = 4.10^{-3}$s.

EXERCICE N°3 : (4 points)

1°) Nature des oscillations : Les oscillations obtenues sont libres (le circuit ne contient pas un générateur) et amorties (le circuit contient un résistor).

2°) Equation différentielle de variable $u_C(t)$:



***/** Circuit :

***/** Loi des mailles : $u_R + u_L + u_C = 0 \Rightarrow Ri + L\frac{di}{dt} + u_C = 0$ or $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u$;

$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2u_C}{dt^2}$.

La loi des mailles donne : $R\,C\frac{du_C}{dt} + L\,C\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0$; d'où l'équation différentielle :

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0 \quad .$$

3°) a) Expression de l'énergie totale de l'oscillateur en fonction de C, L, u_C et $\frac{du_C}{dt}$:

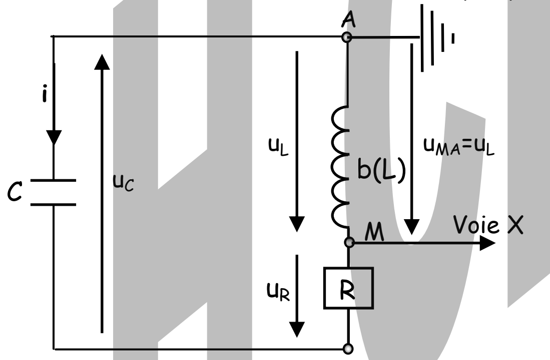
$E = E_C + E_L = \frac{1}{2}C\,u_C^2 + \frac{1}{2}L\,i^2 = \frac{1}{2}C\,u_C^2 + \frac{1}{2}L\,C^2\left[\frac{du_C}{dt}\right]^2$.

b)Montrons que cette énergie diminue au cours du temps :

Calculons $\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\frac{1}{2}C\,u_C^2\right] + \frac{d}{dt}\left[\frac{1}{2}L\,C^2\left[\frac{du_C}{dt}\right]^2\right] = C\frac{du_C}{dt}\left[u_C + LC\frac{d^2u_C}{dt^2}\right]$;

Or d'après la loi des mailles $u_C + LC\frac{d^2u_C}{dt^2} = -RC\frac{du_C}{dt}$; et par suite $\frac{dE}{dt} = -RC^2\left[\frac{du_C}{dt}\right]^2 < 0$, donc E diminue au cours du temps.

4°) **a)** Donner le branchement de l'oscilloscope permettant d'observer l'oscillogramme $u_b(t)$:



b) Quelle est la nature du régime d'oscillations obtenu :

*/ Régime pseudopériodique

*/ Justifier : La tension u_b change de signe et son amplitude diminue au cours du temps

c) */Détermination de C : $\boxed{C = \frac{I_0\,t}{u_C}}$

Loi des mailles : $u_R + u_L + u_C = 0$, valable $\forall$ t,

en particulier à t=0, i=0 et $u_L + u_C = 0$ donc $u_C = -u_L = -(-4\times10) = 40V$. d'où $C = 50.10^{-6}$ F.

*/ En déduire la valeur de L : On a $T = 2 \times 10$ ms $= 20.10^{-3}$ s, d'après $T \approx 2\pi\sqrt{LC}$ on trouve

$\boxed{L = \frac{T^2}{4\pi^2 C}}$ A.N : L = 0,2 H.

5°) A l' instant de date t_1 = 40 ms, montrer que l'énergie totale de l'oscillateur est purement électrostatique. Calculer sa valeur :

A t_1 = 40 ms = 2T, i=0 donc $E_m = 0$ et par suite $E = E_C = \frac{1}{2}C\,u_C^2$

A t_1 = 40 ms, $u_C = -u_b = 12$ V donc $E = 3{,}6.10^{-3}$J