



**DEVOIR A LA MAISON
(TRIMESTRE-1)
SCIENCES PHYSIQUES**

Prof : BARHOUMI MOURAD

Classe : 4^{eme}M

Durée : 3H

Date : DECEMBRE-2024

Chimie (7pts)

Exercice n° 1 :

A la température $\Theta_1=60^\circ\text{C}$, on prépare un mélange formé initialement par **2.10⁻² mol** d'acide éthanoïque $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, **2.10⁻² mol** d'éthanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, **10⁻² mol** d'éthanoate d'éthyle et **10⁻² mol** d'eau.

- 1- Ecrire en formules semi-développées l'équation chimique qui modélise la réaction d'estérification.
- 2- Lorsque l'équilibre chimique est atteint, on dose l'acide présent dans le mélange par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire **C = 1 mol. L⁻¹**. Le volume versé nécessaire pour obtenir l'équivalence est **V = 10 mL**.
 - a- Déterminer le nombre de moles d'acide présent à l'équilibre.
 - b- Déduire le sens d'évolution du système chimique.
- 3-
 - a- Dresser le tableau descriptif d'évolution du système.
 - b- Calculer le taux d'avancement final cf, de la réaction.
 - c- Quel caractère de la réaction peut-on déduire à partir de ce résultat.
- 4-
 - a- Enoncer la loi d'action de masse.
 - b- Calculer la constante d'équilibre K relative à l'estérification.
- 5- On réalise l'expérience précédente à la température $\Theta_2>60^\circ\text{C}$
En justifiant la réponse donner les effets
 - a- Sur la vitesse de la réaction
 - b- Sur taux d'avancement final
 - c- Sur la constante d'équilibre K

Exercice n° 2 :

En solution aqueuse les ions **Fe³⁺** réagissent avec les ions **SCN⁻** pour donner les ions

FeSCN²⁺ selon l'équation : **Fe³⁺ + SCN⁻ ⇌ FeSCN²⁺**

La constante d'équilibre relative à cette réaction est **K = 10³** à la température T.

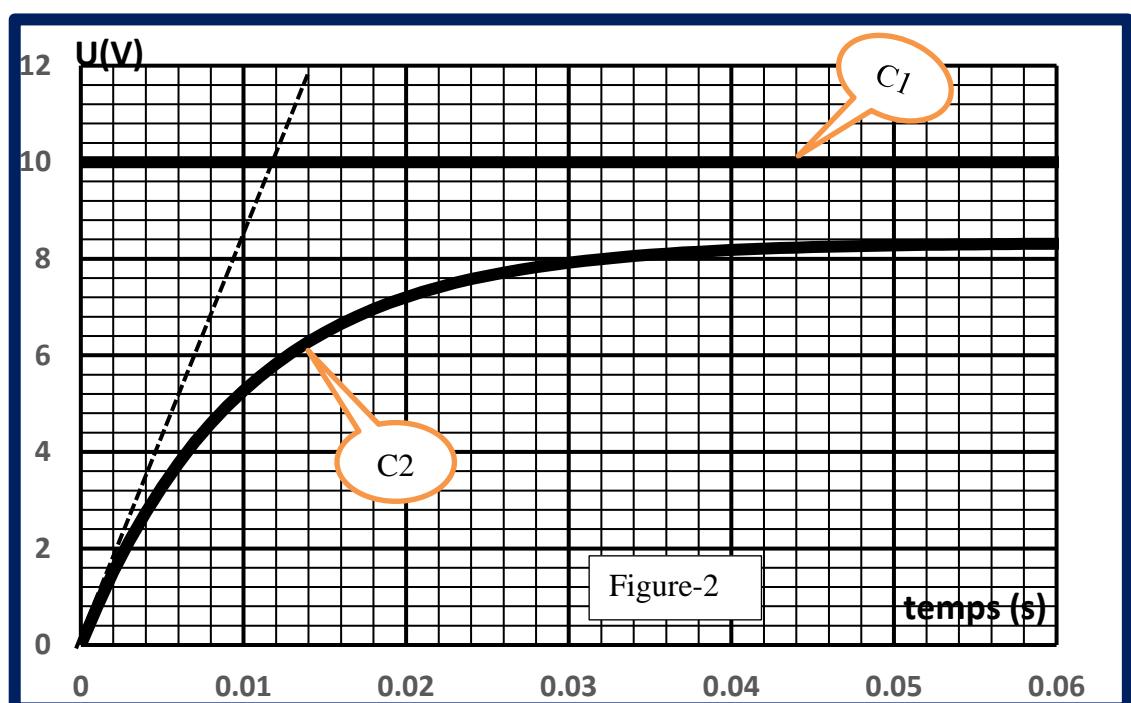
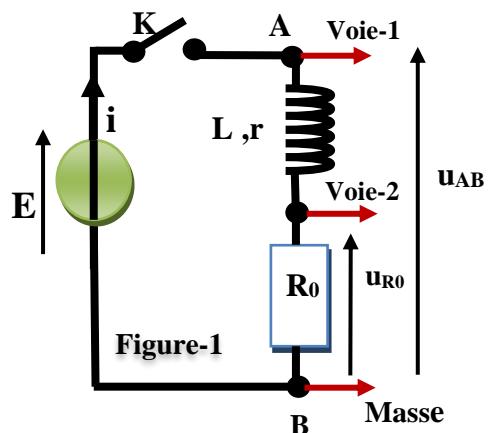
- 1- A t = 0 et à la température T, on mélange : **2.10⁻⁴ mol** d'ions **Fe³⁺** avec **2.10⁻⁴ mol** d'ions **SCN⁻**. On obtient une solution de volume **V = 450 mL**.
 - a- Dresser le tableau descriptif de cette réaction.
 - b- Donner l'expression de la fonction des concentrations en fonction de l'avancement x.
- 2- A l'instant t_1 , le nombre de mole d'ions **SCN⁻** devient égal à 4 fois le nombre de moles d'ions **FeSCN²⁺**.
 - a- Le système est-il en état d'équilibre chimique à l'instant t_1 ?
 - b- Déterminer la composition du mélange à l'équilibre chimique.
- 3- Au mélange obtenu à l'équilibre, on ajoute **3.10⁻⁵ mol** d'ions **FeSCN²⁺** et **10⁻⁵ mol** d'ions **SCN⁻**, sans variation de volume et à la même température T.
 - a- Comment varie le nombre de moles d'ions **Fe³⁺** dans ce mélange ? Justifier.
 - b- Déterminer le nombre de moles d'ions **Fe³⁺** lorsque l'équilibre est atteint.

Physique (15 pts)

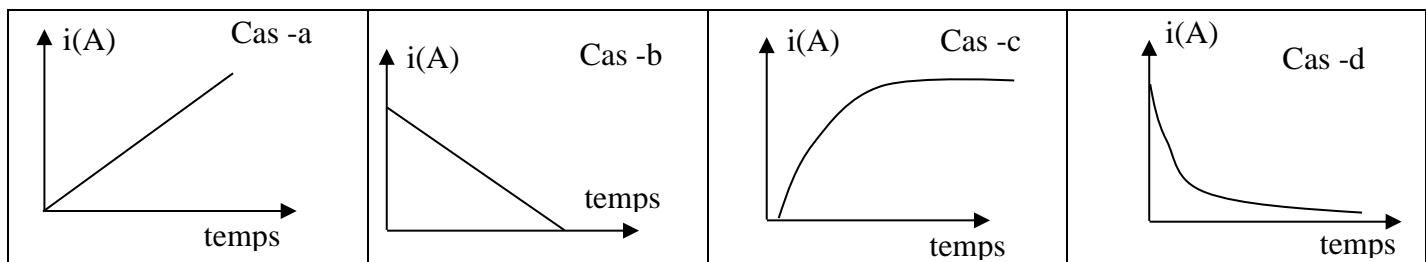
Exercice N°1

On réalise le montage expérimental représenté dans la figure (1) pour étudier l'établissement du courant électrique dans un dipôle (AB), constitué d'un conducteur ohmique de résistance R_0 et d'une bobine d'inductance L et de résistance r . Un générateur électrique idéal applique une tension Constante $E=10V$ aux bornes du dipôle (AB).

On règle la résistance R_0 sur la valeur $R_0 = 50 \Omega$ et On ferme l'interrupteur à l'instant $t = 0$. A l'aide d'un oscilloscope à mémoire on visualise la tension aux bornes du dipôle AB et la tension aux bornes du résistor on obtient les courbes de la figure-2



- 1- Identifier chacune des courbes en justifiant la réponse.
- 2- On donne différentes courbes susceptibles de représenter l'intensité du courant en fonction du temps. Choisir celle qui correspond à l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps dans le circuit de la figure 1, après la fermeture de l'interrupteur. Justifier



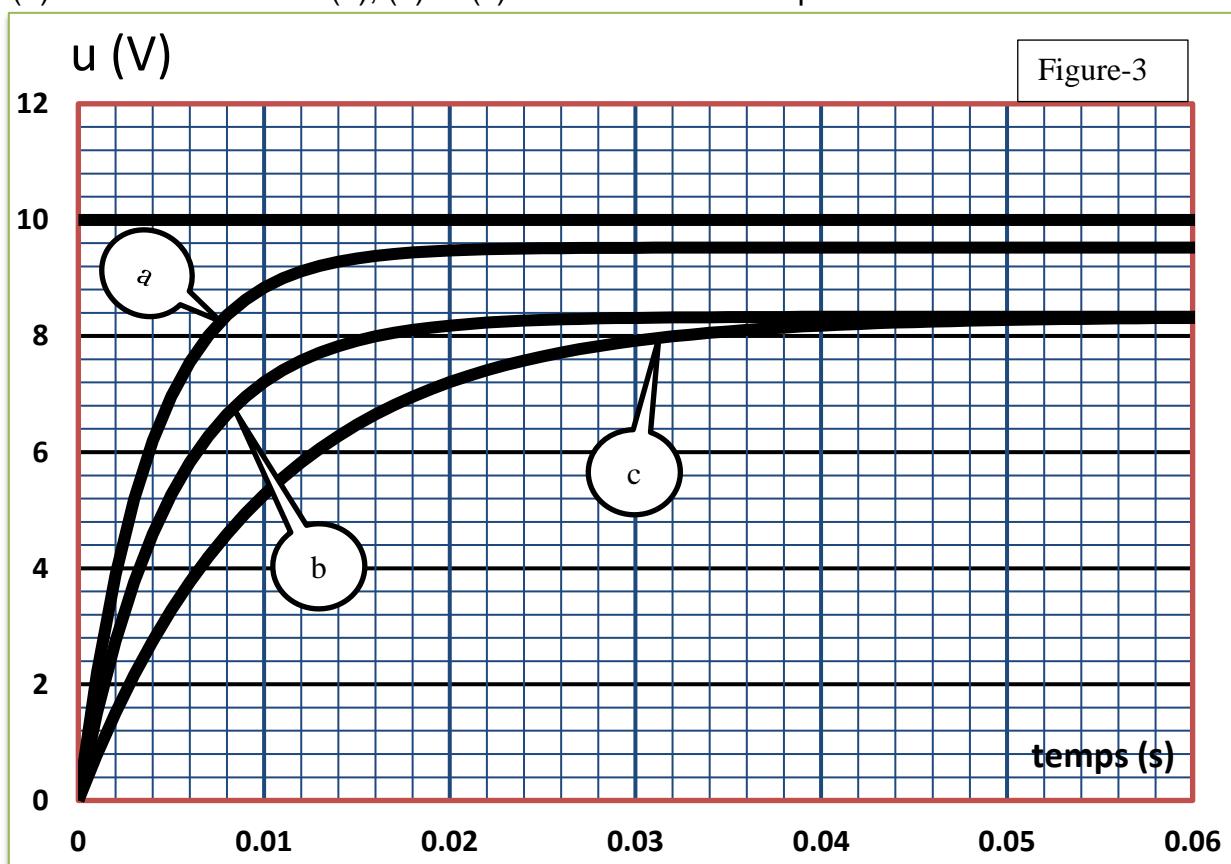
à partir de la courbe expérimentale donnée sur la figure 2

- 3- Quelle est l'influence de la bobine sur l'établissement du courant lors de la fermeture du circuit ?

- 4- La tension u aux bornes du dipôle (AB) s'exprime par la relation $u_{AB} = (R_0+r)i + L \frac{di}{dt}$
- Est-ce que la grandeur $L \frac{di}{dt}$ augmente ou diminue au cours du régime transitoire ? Justifier la réponse.
 - Exprimer $\frac{di}{dt}$ en fonction de E et L à l'instant $t=0$. Trouver la valeur de L .
 - Calculer la valeur de $\frac{di}{dt}$ pour $t > 50$ ms et en déduire la valeur de r .
- 5- Le circuit étudié peut être caractérisé par sa constante de temps τ . Pour un circuit (R , L), la constante de temps est donnée par l'expression suivante : $\tau = \frac{L}{R_0+r}$.
- Montrer que la constante de temps τ est bien homogène à un temps.
 - Déterminer graphiquement la valeur de τ .
 - Retrouver la valeur de L .
 - Calculer l'énergie emmagasinée par la bobine quand le régime permanent est établi.
- 6- On utilise le même montage expérimental de la figure (1) et on fait varier dans chaque cas la valeur de l'inductance L de la bobine et celle de la résistance R_0 du conducteur ohmique comme l'indique le tableau ci-contre.

Cas	L (H)	R_0 (Ω)	r (Ω)
Expérience 1	$L_1=0.3$	$R_{01}=50$	10
Expérience 2	$L_2=0.6$	$R_{02}=50$	10
Expérience 3	$L_3=0.8$	$R_{03}=200$	10

La figure (3) donne les courbes (a), (b) et (c) obtenues dans chaque cas.



Associer chacun des courbes (a), (b) et (c) à une expérience en le justifiant précisément chaque choix.

Exercice N°2

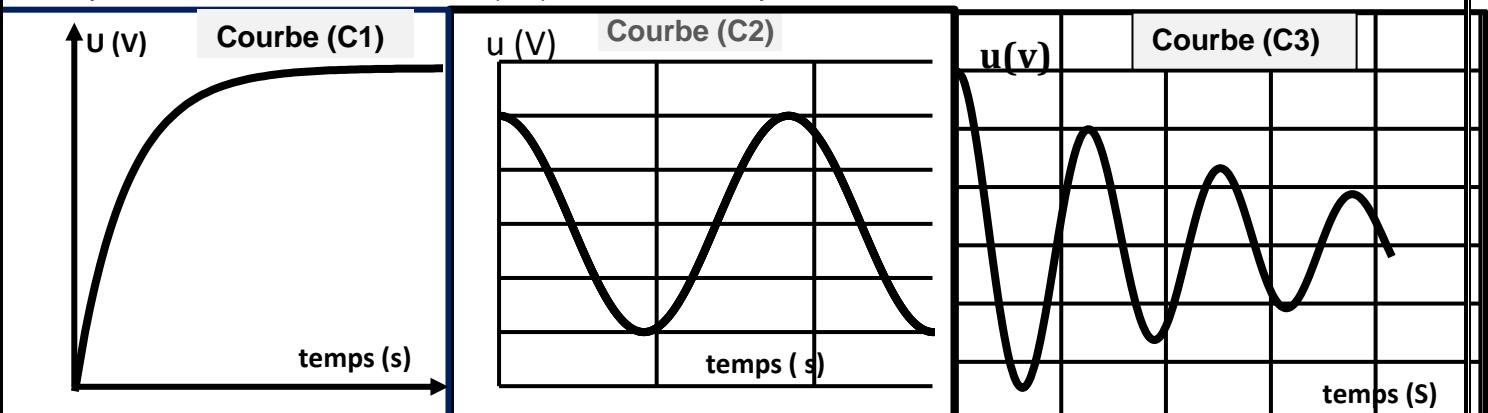
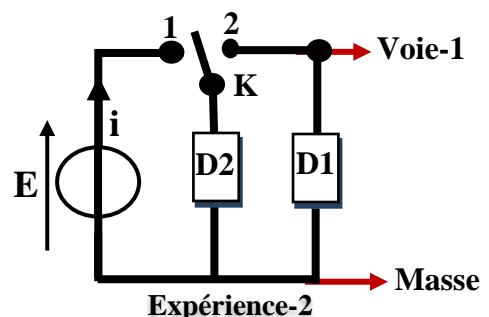
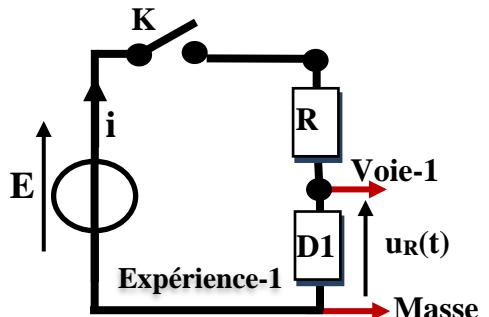
On dispose de 3 conducteurs inconnus D₁, D₂ et D₃ qui peuvent être soit un résistor, soit un condensateur, soit une bobine d'inductance pure L, ou une bobine d'inductance L et de résistance r.

- 1- Expérience 1 : On associe le dipôle D₁ en série avec un générateur de tension de fem E, un résistor de résistance R, et un interrupteur K. On ferme K. Sur un oscilloscope, on visualise la tension aux bornes du résistor. On obtient la courbe (C₁).

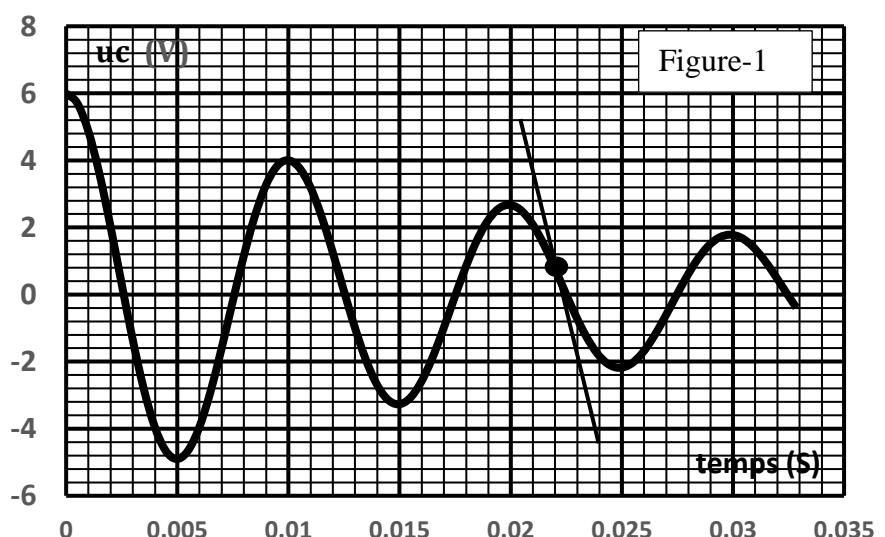
Que peut être la nature de D₁? Justifier la réponse.

- 2- Expérience 2 : On associe en parallèle D₁ et D₂ dans un circuit comme l'indique la figure ci-contre. On ferme K sur la position 1 puis on le bascule sur la position 2. La courbe (C₂) représente la tension aux bornes de D₂. Identifier D₁ et D₂

- 3- Expérience 3 : on refait l'expérience 2 mais en remplaçant D₁ par D₃. On obtient la courbe (C₃). Identifier le dipôle D₃.



I- Un condensateur de capacité $C = 10^6 \mu\text{F}$ est chargé sous la tension $U_0=6\text{V}$ (K en position 1). Le condensateur chargé sous la tension U_0 est lié à une bobine d'inductance L en série avec un résistor de résistance réglable R. Un dispositif approprié a permis d'enregistrer la courbe de la figure-1 donnant l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur pour une valeur R1 de R.



- 1-
- a- Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.
 - b- Calculer l'inductance de la bobine sachant que la pseudopériode $T \approx T_0 = 2 \pi \sqrt{LC}$
- 2-
- a- Etablir l'expression de l'énergie totale de l'oscillateur en fonction de u_c , L , C , $u_c(t)$ et $\frac{du_c(t)}{dt}$
 - b- Montrer que l'énergie totale n'est pas conservée au cours du temps.
 - c- Calculer l'énergie dissipée par effet Joule dans le résistor entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 0,022s$
 - d- Justifier le signe de l'intensité du courant à l'instant t_1 en se basant sur le sens de circulation des électrons.
- 3- Pour des valeurs R_2 et R_3 de R ($R_3 > R_2$), le système n'oscille plus. De quel régime s'agit-il ? Représenter, sur le même graphe, les courbes $u_c(t)$ correspondant à ces deux résistances.

Exercice N°3

Texte documentaire

Protection des circuits inductifs

Lors de l'ouverture d'un interrupteur placé dans un circuit inductif (comportant une bobine), parcouru par un courant intense, un arc électrique s'établit entre les deux pôles qui sont écartés l'un de l'autre.

Il en est de même avec des circuits parcourus par des courants peu intenses mais qui font l'objet de commutation rapides (électronique).

Cet arc dit étincelle de rupture est la conséquence du phénomène d'auto-induction : l'annulation du courant dans un circuit se traduit par l'induction d'une fem d'autant plus grande que le courant interrompu est plus intense, que l'interruption est plus rapide.

Il peut en résulter une surtension importante entre les pôles des appareils de coupure.

En général, il est indispensable de remédier à cet inconvénient afin d'éviter tout danger pour le manipulateur (risque d'électrocution) et pour le matériel. Cette protection peut être assurée par une diode.

Physique appliquée. NATHAN TECHNIQUE

QUESTIONS

- 1) Dans quel type de circuit se produit l'étincelle de rupture ?
- 2) Quel est le phénomène physique responsable de cette étincelle ? Proposer une explication de ce phénomène.
- 3) Dégager du texte les facteurs qui ont une influence sur l'importance de la fem d'auto-induction.
- 4) Citer un inconvénient de l'étincelle de rupture.
- 5) Donner le schéma du circuit permettant la protection du circuit contre l'étincelle de rupture.





**DEVOIR A LA MAISON
(TRIMESTRE-1)
SCIENCES PHYSIQUES**

CORRECTION

CHIMIE (7 points)

Exercice n°1



1- a Les caractères de la réaction : lente – athermique – limitée

2-a- A l'équivalence : $n_{\text{acide}} = n_{\text{ester}} = C_B \cdot V_B = 10^{-2} \text{ mol}$

2-b Le nombre de moles d'acide à diminué et par suite le système évolue dans le sens directe (Estérification)

3-a

Equation de la réaction		Acide + Alcool \rightleftharpoons Ester + Eau			
Etat	Avancement	Quantité de matière (mol)			
t=0	0	2.10 ⁻²	2.10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²
t>0	x	2.10 ⁻² -x	2.10 ⁻² -x	10 ⁻² +x	10 ⁻² +x
tf	xf	2.10 ⁻² -xf	2.10 ⁻² -xf	10 ⁻² +xf	10 ⁻² +xf

3-b $n(\text{acide})_f = 2.10^{-2}-xf = 10^{-2} \text{ mol} \rightarrow xf = 10^{-2} \text{ mol}$

3-c	$\tau_f = \frac{xf}{x_{max}} = \frac{10^{-2}}{2.10^{-2}} = 0.5 < 1 \rightarrow$ le caractère limité est conforme par ce résultat																
4-a	Loi d'action de masse																
4-b	$K = \frac{[\text{ester}][\text{eau}]}{[\text{acide}][\text{alcool}]} = \frac{n(\text{ester})eq.n(\text{eau})eq}{n(\text{acide})eq.n(\text{alcool})eq} = \frac{(10^{-2}-xf)^2}{(2.10^{-2}-xf)^2} = 4$																
5-a	La vitesse de la réaction augmente car la température est un facteur cinétique																
5-b	τ_f ne change pas car l'estérification est une réaction athermique																
5-c	K ne change pas car l'estérification est une réaction athermique																
	Exercice n°2																
1-a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Equation de la réaction</td> <td>$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}$</td> </tr> <tr> <th>Etat</th> <th>Avancement</th> <th>Quantité de matière (mol)</th> </tr> <tr> <td>t=0</td> <td>0</td> <td>2.10⁻⁴ 2.10⁻⁴ 0</td> </tr> <tr> <td>t>0</td> <td>x</td> <td>2.10⁻⁴-x 2.10⁻⁴-x x</td> </tr> <tr> <td>tf</td> <td>xf</td> <td>2.10⁻²-xf 2.10⁻²-xf 10⁻²+xf</td> </tr> </table>	Equation de la réaction		$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}$	Etat	Avancement	Quantité de matière (mol)	t=0	0	2.10 ⁻⁴ 2.10 ⁻⁴ 0	t>0	x	2.10 ⁻⁴ -x 2.10 ⁻⁴ -x x	tf	xf	2.10 ⁻² -xf 2.10 ⁻² -xf 10 ⁻² +xf	
Equation de la réaction		$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}$															
Etat	Avancement	Quantité de matière (mol)															
t=0	0	2.10 ⁻⁴ 2.10 ⁻⁴ 0															
t>0	x	2.10 ⁻⁴ -x 2.10 ⁻⁴ -x x															
tf	xf	2.10 ⁻² -xf 2.10 ⁻² -xf 10 ⁻² +xf															
1-b	$\pi = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = \frac{x.V}{(2.10^{-4}-x)(2.10^{-2}-x)} = \frac{0,45.x}{(2.10^{-4}-x)^2}$																
2- a	<p>à t₁: n(SCN) = 4 n(FeSCN²⁺) $\rightarrow 2.10^{-4}-x_1 = 4x_1 \rightarrow x_1 = 4.10^{-5}$ mol.</p> <p>$\pi = \frac{0,45.x_1}{(2.10^{-4}-x_1)^2} = \frac{0,45.4.10^{-5}}{(2.10^{-4}-4.10^{-5})^2} = 703 < K$</p> <p>Donc le système n'est pas en équilibre. Il évolue dans le sens direct.</p>																

2-b	$\pi = \frac{0,45 \cdot xf}{(2 \cdot 10^{-4} - xf)^2} = K = 10^{-3}$ $\Rightarrow 0,45 \cdot xf = 10^3 \cdot xf^2 + 4 \cdot 10^{-5} - 0,4 \cdot xf = 10^3 \cdot xf - 0,85 \cdot xf + 4 \cdot 10^{-5} = 0$ Avec $xf < 2 \cdot 10^{-4}$ mol. On trouve : $xf = 5 \cdot 10^{-5}$ mol. A l'équilibre : $nf(Fe^{3+}) = nf(SCN^-) = 15 \cdot 10^{-5}$ mol et $nf(FeSCN^{2+}) = 5 \cdot 10^{-5}$ mol.
3-a	A t=0: $no(Fe^{3+}) = 15 \cdot 10^{-5}$ mol; $no(SCN^-) = 16 \cdot 10^{-5}$ mol et $no(FeSCN^{2+}) = 8 \cdot 10^{-5}$ mol. $-fi(t=0) = 0,45 \times 8 \cdot 10^{-5} = 15 \cdot 10^{-5} - 5 \times 16 \cdot 10^{-5} = 1500 > K$. $\pi = \frac{0,45 \times 8 \cdot 10^{-5}}{(15 \cdot 10^{-5})(16 \cdot 10^{-5})} = 1500 > K = 10^{-3}$ Donc le système n'est pas en équilibre. Il évolue dans le sens inverse. Donc $n(Fe^{3+})$ augmente
3-b	$K = \frac{0,45 \times (8 \cdot 10^{-5} - xf)}{(15 \cdot 10^{-5} + xf)(16 \cdot 10^{-5} + xf)} = 10^{-3}$ $3,6 \cdot 10^{-5} - 0,45 \cdot xf = 10^3 \cdot xf^2 + 0,31 \cdot xf + 2,4 \cdot 10^{-5}$ $10^3 \cdot xf^2 + 0,76 \cdot xf - 1,2 \cdot 10^{-5} = 0$ Avec $xf < 8 \cdot 10^{-5}$ mol. On trouve : $xf = 1,55 \cdot 10^{-5}$ mol. A l'équilibre : $nf(Fe^{3+}) = 16,55 \cdot 10^{-5}$ mol

PHYSIQUE

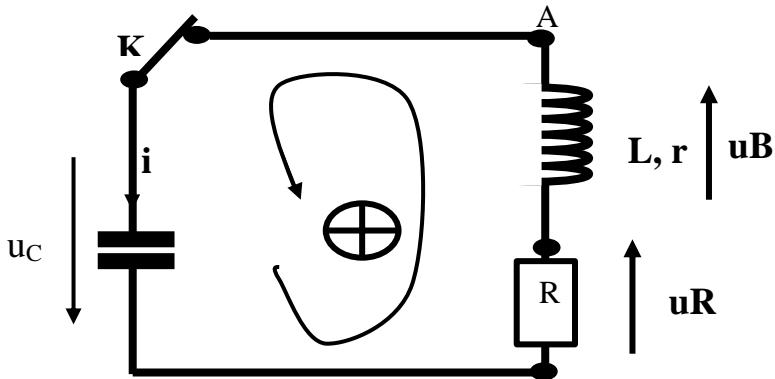
Exercice n°1

1	<p>A t =0 \rightarrow l'intensité du courant est nulle $\rightarrow u_{R0}(0) = 0$ Donc la courbe C2 correspond à $u_{R0}(t)$, et par suite la courbe C1 correspond à $u_{AB}(t)$</p>
2	<p>D'après la loi d'Ohm : $u_{R0} = R_0 \cdot i$. Donc $i = \frac{u_{R0}}{R_0}$</p> <p>L'intensité du courant est proportionnelle à la tension u_{R0}.</p> <p>La courbe $i = f(t)$ a donc la même allure que $u_{R0} = f(t)$:</p> <p>Il s'agit donc de la courbe c</p>
3	<p>Toute bobine s'oppose aux variations de l'intensité du courant qui la traverse. Ici elle retarde l'établissement du courant qui ne passe pas instantanément de 0 à sa valeur maximale.</p>
4-a	<p>La grandeur $L \frac{di}{dt}$ démunie au cours du régime transitoire</p>
4-b	<p>A t=0 $i=0$ et $u_{AB}=E$ donc $E = L \frac{di}{dt}$</p> <p>Or $i = \frac{u_{R0}}{R_0} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{R_0} \frac{du_{R0}}{dt}$</p> <p>$\frac{du_{R0}}{dt} = a$ = pente de la tangente à la courbe C2 pour t=0 s</p> <p>$\Rightarrow L = \frac{R_0 \cdot E}{a}$</p> <p>$\Rightarrow a = \frac{8.4 - 0}{0.01 - 0} = 840 \Rightarrow L = \frac{50 \times 10}{840} = 0.595 = 0.6H$</p>
4-c	<p>Pour $t > 50ms$ régime permanent $\rightarrow i$ est constante $\frac{di}{dt} = 0$</p> <p>$i = I_p = \frac{u_{R0}}{R_0} = \frac{8.4}{50} = 0.168 A$</p> <p>$\Rightarrow E = (R_0 + r)I_p \Rightarrow r = \frac{E}{I_p} - R_0 = 9.5 \Omega$</p>

5-a	$\tau = \frac{L}{R_0 + r}$ $u = L \frac{di}{dt} \rightarrow L = \frac{u}{\frac{di}{dt}} \rightarrow V.A^{-1}.s$ $R_0 + r = \frac{u}{I} \rightarrow V.A^{-1}$	d'où τ s'exprime en s
5-b	Par la méthode de la tangente on trouve $\tau = 0.01s$	
5-c	$L = \tau \cdot (R_0 + r) = 0.01 \times (50 + 9.5) = 0.595 \text{ H} = 0.6 \text{ H}$	
5-d	En régime permanent $i = I_p = i = I_p = \frac{u R_0}{R_0} = \frac{8.4}{50} = 0.168 \text{ A}$ $EL = \frac{1}{2} L \cdot i^2 = \frac{1}{2} (0.6) \cdot (0.168)^2 = 0.0085 \text{ J}$	
6	<p>On a $\tau = \frac{L}{R_0 + r}$ et $I_p = \frac{E}{R_0 + r}$</p> <p>Pour les deux expériences 1 et 2 ; $R_0 = 50 \Omega$ donc I_p est le même or lorsque L augmente τ augmente donc le régime permanent s'atteint plus lentement</p> <p>Pour la courbe (b) le régime permanent s'atteint plus rapidement qui correspond à L la plus petite donc la courbe (b) correspond à l'expérience 1 et la courbe (c) correspond à l'expérience 2 Et par suite la courbe (a) correspond à l'expérience 3</p>	

Exercice n°2

I-1	C'est l'établissement du courant dans une bobine (dipôle RL) donc D1 est une bobine
I-2	On a des oscillations périodiques (circuit LC) donc D2 est un condensateur et D1 est une bobine de résistance interne nulle
I-3	On a des oscillations pseudopériodiques (circuit rLC) donc D3 est une bobine de résistance interne non nulle
II-1-a	D'après la loi des mailles (K est en position 2) :



$$u_c + u_B + u_R = 0$$

$$u_c + r \cdot i + L \frac{di}{dt} + R \cdot i = 0$$

$$u_c + r \cdot i + L \frac{di}{dt} = 0$$

or $i = \frac{dq}{dt}$

$$\frac{di}{dt} = C \frac{d^2 u_c}{dt^2} \rightarrow u_c(t) + (r + R) C \frac{duc}{dt} + L C \frac{d^2 u_c}{dt^2} = 0$$

II-1-b $T=T_0=2\pi\sqrt{LC} \rightarrow L=\frac{T_0^2}{4\pi^2 C} \text{ avec } T=T_0=0.01 \text{ s} \rightarrow L=2.5 \text{ H}$

II-2-a $E = \frac{1}{2} C u_c^2 + \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} C u_c^2 + \frac{1}{2} L (C \frac{d^2 u_c}{dt^2})^2$

II-2-b $E = \frac{1}{2} C u_c^2 + \frac{1}{2} L i^2$
 $\frac{dE}{dt} = C u_c \frac{duc}{dt} + L i \frac{di}{dt} = C u_c \frac{duc}{dt} + L C \frac{duc}{dt} C \frac{d^2 u_c}{dt^2}$
 $= C \frac{duc}{dt} (u_c + L C \frac{d^2 u_c}{dt^2})$

D'après l'équation différentielle on a

$$u_c + L C \frac{d^2 u_c}{dt^2} = -(r + R) (C \frac{duc}{dt})$$

$$\frac{dE}{dt} = -(r + R) \left(C \frac{duc}{dt} \right)^2 \rightarrow \frac{dE}{dt} < 0 \rightarrow E \text{ diminue} \rightarrow \text{l'énergie de l'oscillateur ne se conserve pas}$$

II-2-c $E = E_0 - E_1$
Pour $t=0$ on a $i=0$ et $u_c=6V$
 $E_0 = \frac{1}{2} (10^{-6}) (6)^2 = 18 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

Pour $t=0.22s$, on a $u_c=0.8 \text{ V}$,
 $i = C \frac{duc}{dt} = C \times (\text{pente de la courbe à } t=0.22s)$

$$i = C \frac{duc}{dt} = 10^{-6} \times \left(\frac{0.8 - (-0.2)}{0.22 - 0.23} \right) = -0.0001 \text{ A}$$

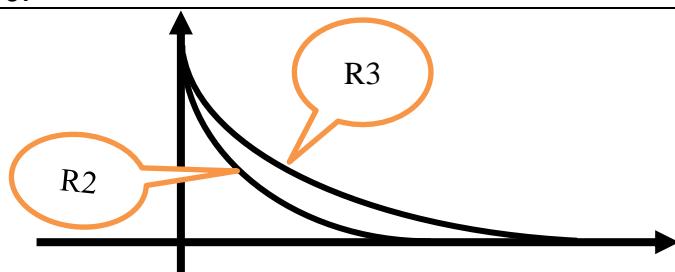
$$E_1 = Ec + EL = \frac{1}{2} Cu_c^2 + \frac{1}{2} Li^2 \\ = \frac{1}{2} (10^{-6}) (0.8)^2 + \frac{1}{2} (2.5) (-0.0001)^2 = 3,075 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

$$E = 18 \cdot 10^{-6} - 3,075 \cdot 10^{-7} = 17,7 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

II-2-d À l'instant t_1 : $i_1 = -0.1 \text{ mA} < 0$.
 Entre $2T = 0,02\text{s}$ et $2T+T/4 = 0,0225\text{s}$: il y a décharge du condensateur et $q = q > 0$.
 L'armature A (chargée +) reçoit des e pour se décharger.
 Le courant circule dans le sens négatif choisi.
 Donc $i < 0$ entre $2T$ et $2T+T/4$. Alors $i < 0$.

II-3 C'est le régime apériodique

$R_3 > R_2$ la durée de décharge est
 plus grande pour R_3



Exercice n°3

- 1) D'après le texte l'étincelle de rupture prend naissance dans un circuit inductif (comportant une bobine).
- 2) C'est le phénomène d'auto-induction. Lors de l'annulation du courant dans le circuit la bobine crée d'après la loi de LENZ une fem d'auto-induction qui s'oppose à l'annulation du courant d'où l'apparition de l'étincelle de rupture.
- 3) La fem d'auto-induction est d'autant plus grande : que L'intense du courant interrompu est plus grande et que l'interruption est plus rapide.
- 4) Un inconvénient de l'étincelle de rupture est le risque de surtension importante entre les pôles des appareils ou d'électrocution.

5) Schéma :

