

DEVOIR DE REVISION N°3

EPREUVE :

SCIENCES PHYSIQUES

Classes : 4^{ème} Math et SC
Durée : 2 heures

Prof : M^r Ben Mabrouk Béchir

CHIMIE

On donne le produit ionique de l'eau, à 25°C, $K_e = 10^{-14}$

Exercice n°1 (3,75 points)

On étudie le comportement de deux acides, l'acide éthanoïque CH_3COOH et l'acide méthanoïque HCOOH .
Pour cela, on prépare quatre solutions aqueuses (S_1), (S_2), (S_3) et (S_4) de même concentration $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ formées respectivement des entités chimiques HCOOH , HCOO^- , CH_3COOH et CH_3COO^-

On donne :

acide-base	$\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$	$\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$	$\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$
$\text{p}K_a$ ou $\text{p}K_b$	$\text{p}K_{a1} = -1,74$	$\text{p}K_{a2} = 4,8$	$\text{p}K_{b3} = -1,74$	$\text{p}K_{b4} = 10,2$

K_a et K_b désignent respectivement la constante d'acidité et la constante de basicité du couple.

Toutes les expériences ont lieu à 25 °C où le produit ionique de l'eau $K_e = 10^{-14}$.

1°) a-Classifier les couples acide-base précédents dans l'ordre de la force croissante des acides.

b-Déduire la force (fort ou faible) des acides éthanoïque CH_3COOH et méthanoïque HCOOH .

2°) Expérience1

On mélange $V_1 = 10 \text{ mL}$ de (S_1), $V_2 = 10 \text{ mL}$ de (S_2), $V_3 = 15 \text{ mL}$ de (S_3) et $V_4 = 15 \text{ mL}$ de (S_4),

a-Ecrire l'équation de la réaction acido-basique mettant en jeu les couples $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ et $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$ qui se produit lors du mélange en écrivant l'acide le plus fort à gauche.

b-Montrer qu'à l'équilibre on a $\frac{[\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]} = K \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$.

K étant une constante que l'on exprimera en fonction de $\text{p}K_{a2}$ et $\text{p}K_{a4}$.

c-Déterminer dans quel sens se produit la transformation étudiée.

3°) Expérience2

Pour le cas d'une solution (S) d'un acide faible AH de concentration initiale C :

a-Ecrire l'équation chimique de la réaction de sa dissociation dans l'eau et dresser le tableau descriptif d'évolution du système.

b-Montrer que la concentration des ions hydroniums H_3O^+ s'écrit : $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 - \tau_f}{\tau_f} K_a$,

Où τ_f désigne le taux d'avancement de la réaction et K_a la constante d'acidité du couple AH/A^- .

c-En tenant compte des approximations suivantes :

- les ions provenant de l'autoprotolyse de l'eau pure sont négligeables par rapport aux ions provenant de l'acide au cours de sa mise en solution
- l'acide est faiblement ionisé.

Montrer que le pH de cette solution, sa concentration C et le $\text{p}K_a$ du couple acide/base correspondant

vérifient la relation $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C)$

Calculer les pH des solutions (S_1) et (S_3).

Exercice n°2 (3,5 points)

On donne le produit ionique de l'eau, à 25°C , $K_e = 10^{-14}$

On considère, à 25°C , les couples acide-base suivants :

Couple (1)	Couple (2)	Couple (3)	Couple (4)	Couple (5)
$\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$	$\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$	HCl / Cl^-	$\text{HCO}_3^- / \text{Base}_4$	Acide ₅ / NH_3
pK_{a1}	$\text{pK}_{a2} = -1,74$	$\text{pK}_{b3} = 21$	pK_{a4}	$\text{pK}_{b5} = 4,75$

K_a désigne la constante d'acidité et K_b désigne la constante de basicité.

1°) Pour déterminer la constante d'acidité du couple (4), on mélange, à une température $\theta = 25^{\circ}\text{C}$, une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$) et une solution aqueuse d'ammoniac NH_3 .

Le système aboutit à un état d'équilibre chimique de constante d'équilibre $K = 0,079$.

a-Exprimer la constante d'équilibre K de la réaction en fonction des concentrations.

b-Montrer que $\text{pK}_{a4} = \text{pK}_e - (\text{pK}_{b5} + \log K)$. Calculer pK_{a4} .

2°) Classer les couples acide-base précédents dans l'ordre de la force croissante des acides sachant que $\text{pK}_{a5} > \text{pK}_{a1} > 0$.

Déduire la force (fort ou faible) des acides éthanoïque CH_3COOH et chlorhydrique HCl .

3°) On prépare, à 25°C , une solution aqueuse (S) d'un acide AH de concentration C et de $\text{pH} = 2,9$.

a-Dresser le tableau descriptif d'évolution du système précédent en utilisant l'avancement volumique y .

$$y = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$$

b-Montrer que le taux d'avancement final de la réaction d'ionisation de l'acide AH s'écrit : $\tau_f = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$

c- Un acide est dit « fort » s'il réagit totalement avec l'eau... dans le cas contraire, il est dit « faible ».

c₁-Si la solution (S) est celle de l'acide chlorhydrique HCl , déterminer la concentration C de cette solution.

c₂-Si la solution (S) est celle de l'acide éthanoïque CH_3COOH sa concentration est $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

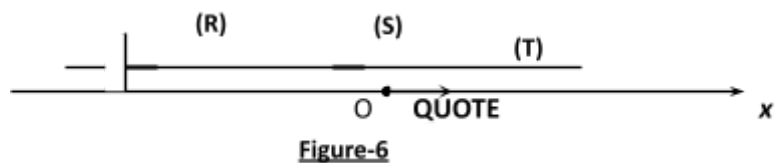
- Justifier que CH_3COOH est bien un acide faible.

- Montrer que la constante d'acidité du couple $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$ est : $K_{a1} = \frac{10^{-2\text{pH}}}{C}$. Calculer pK_{a1} .

PHYSIQUE

Exercice n°1 (5 points)

Un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur k est enroulé sur une tige horizontale (T). Un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m est fixé à l'extrémité libre du ressort (R) et pouvant glisser sans frottement sur la tige (T). En équilibre, le centre d'inertie G du solide coïncide avec l'origine O de l'axe Ox (Figure-6).



On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre dans le sens négatif d'une certaine distance de façon que son centre d'inertie G occupe une position d'abscisse x_0 et on le lance avec une vitesse initiale V_0 dans le sens positif des elongations à un instant de date $t = 0$. (On suppose que les frottements du solide avec l'air sont négligeable)

1°) Reproduire le schéma du dispositif à la date $t = 0$ et représenter les forces exercées sur le solide (S).

2°) Etablir l'équation différentielle régissant le mouvement du centre d'inertie du solide (S) en fonction de l'elongation x .

Vérifier que $x(t) = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi_x)$ est une solution de cette équation différentielle en précisant l'expression de ω_0 .

4°) Montrer l'oscillateur est conservatif et donner l'expression de son énergie mécanique E en fonction de la raideur k du ressort et l'amplitude x_m .

5°) Par un moyen approprié, On obtient la courbe de la **figure-7** de la page-5, traduisant les variations en fonction du temps de l'énergie potentielle du pendule.

a-Montrer que l'énergie potentielle élastique de l'oscillateur est donnée par : $E_p(t) = \frac{E}{2} \cdot [1 - \cos(2\sqrt{\frac{k}{m}} t + 2\phi_x)]$.

b-En exploitant la courbe de la **figure-7** :

- Déterminer la valeur de la pulsation propre ω_0 de l'oscillateur.
- Etablir la relation $x_0 = -\frac{x_m}{\sqrt{2}}$
- En utilisant les conditions initiales, déterminer la phase initiale ϕ_x de l'élongation x .

6°) La tension du ressort est donnée par l'expression :

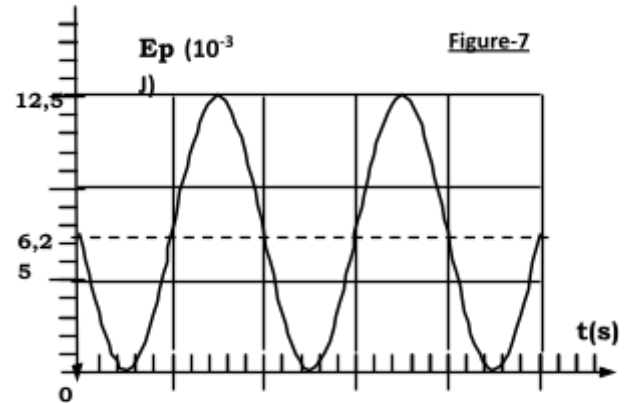
$$T(t) = T_m \sin(\omega_0 t + \phi_T) \text{ avec } T_m = 0,5N.$$

a-Déterminer ϕ_T .

b-Etablir la relation $x_m = \frac{2E}{T_m}$. Calculer la valeur de l'amplitude x_m .

c-Déduire la valeur de l'abscisse x_0 et celle de v_0 .

d-Déduire la valeur de la raideur k ainsi que la valeur de la masse m .



Exercice n°2

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on dispose du matériel suivant :

-Une bobine de résistance r et d'inductance L ;

-Un générateur basse fréquence (GBF) à masse flottante, de fréquence variable délivrant une tension de valeur instantanée:

$$u(t) = 4\sqrt{2} \sin(2\pi Nt + \phi_u). \text{ (en V).}$$

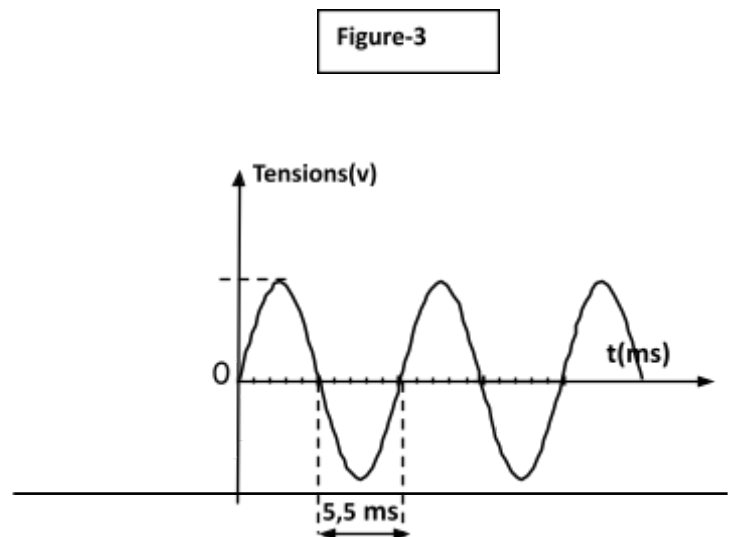
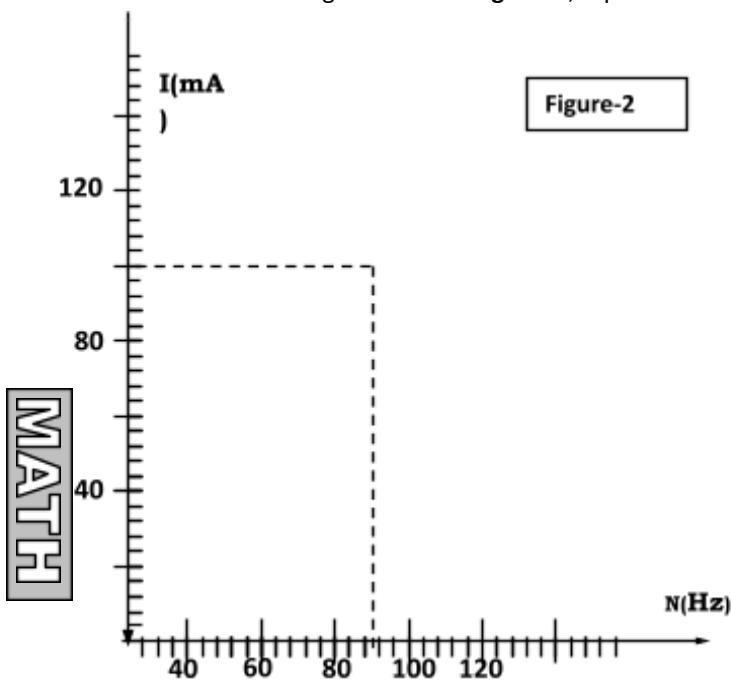
-Un condensateur de capacité C ; -Un oscilloscope électronique ; -Un résistor de résistance R variable.

1°) On réalise un montage en série avec la bobine, le résistor, le condensateur et le GBF.

a-Faire, sur la **figure-1** de la page-3 le schéma du circuit électrique et les branchements de l'oscilloscope qui permettent de visualiser, sur la voie **A**, la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor et sur la voie **B**, la tension $u_D(t)$: tension aux bornes du dipôle **D** (bobine + condensateur).

b-On fait varier la valeur de la fréquence N au voisinage de **91 Hz**. Pour $N_0 = 90,91 \text{ Hz}$, on affirme qu'il y a résonance d'intensité. Quelle observation à l'oscilloscope nous conduit à cette affirmation ?

2°) La courbe expérimentale de la **figure-2** décrit les variations de l'intensité efficace quand la fréquence varie dans le domaine **40 à 120 Hz** et le chronogramme de la **figure-3**, représente la tension $u_D(t)$ pour $N_0 = 90,91 \text{ Hz}$.



a-Les résultats sont-ils concordants avec la méthode utilisée au b-.

b-Déterminer l'expression de $i(t)$ à la résonance d'intensité et préciser la phase initiale ϕ_u .

c-Calculer R et r .

d-Etablir la relation qui existe entre L , C et N_0 .

3°) La figure 4 de la page-2 correspond à la construction de Fresnel relative au circuit étudié à la fréquence N_0 . Dans cette

construction, les vecteurs $\vec{OP}$, $\vec{OQ}$ et $\vec{QP}$ sont associés respectivement à : La tension $u(t)$, la tension $(u_R(t) + u_C(t))$ et la tension $u_B(t)$.

$\frac{di}{dt}$

a-Représenter les vecteurs correspondants à $u_R(t)$, $u_C(t)$, $r.i(t)$ et $L \frac{di}{dt}$

b- En exploitant cette construction, trouver le facteur de qualité Q .

4°) On fixe la fréquence N à la valeur N_1 .

Les figures-5a et 5b- représentent la construction de Fresnel incomplète. U_{Cmax} est l'amplitude de la tension aux bornes du condensateur C .

a- Compléter cette construction à l'échelle ($1,5 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ V}$) en représentant les vecteurs de Fresnel correspondant aux

$\frac{di}{dt}$

fonctions $u(t)$ et $L \frac{di}{dt}$ pour les deux cas suivants:

- Circuit capacitif (figure-4a) ;
- Circuit inductif. (figure-4b).

b-Pour savoir la nature du circuit (inductif ou capacitif), on visualise $u_R(t)$ et $u_D(t)$ pour $N=N_1$ on obtient l'oscillogramme de la figure-6

b1-Montrer que la courbe (C_1) correspond à $u_R(t)$.

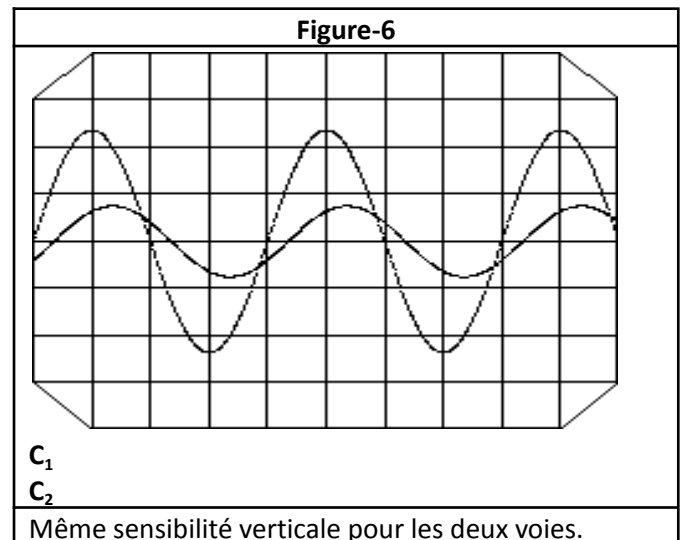
On rappelle que l'impédance d'un circuit RLC ,

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L2\pi N - \frac{1}{C2\pi N} \right)^2}$$

b2-Montrer, en le justifiant, laquelle parmi les deux constructions de la question 4°)a-, celle qui correspond à l'équation décrivant le circuit.

c-En utilisant la construction de fresnel :

c1-Déterminer le déphasage $\Delta\phi = \phi_u - \phi_i$ et la valeur de la fréquence N_1 .



c2-Déduire la valeur de la capacité C du condensateur et celle de l'inductance L de la bobine.

c3-Représenter sur, la construction de Fresnel choisie et selon l'échelle indiquée, le vecteur $\vec{V}$ associé à la tension $u_D(t)$.

Figure-1

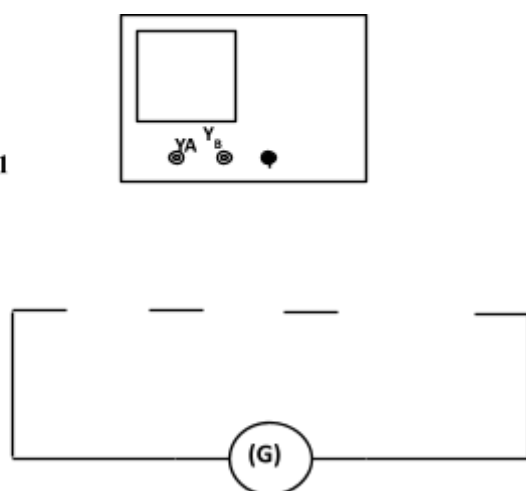


Figure- 4

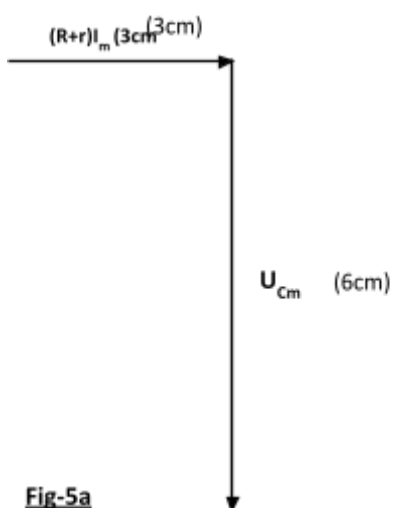
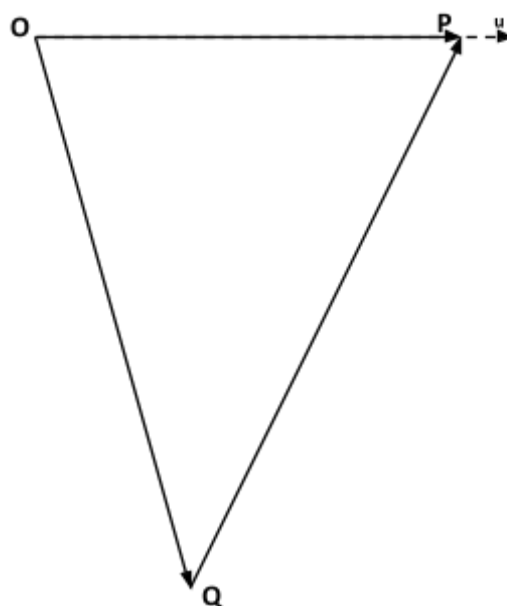


Fig-5a

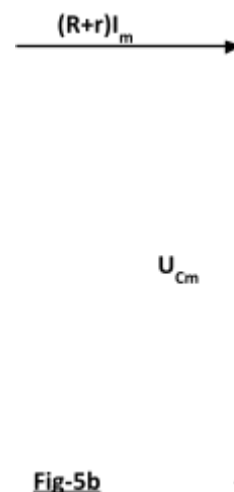


Fig-5b