

**CHIMIE**

**EXERCICE N°1 (3,5 points)**

**1-a-** Une monobase forte est totalement ionisée dans l'eau. On a :  $[OH^-] = C$ ,  
soit  $pH = 14 + \log C$ .

Après dilution de cette solution, la concentration est :  $C' = \frac{C}{10}$ .

Le pH de la solution diluée est :  $pH' = 14 + \log C' = 14 + \log \frac{C}{10}$  soit :  $pH' = pH - 1$ .

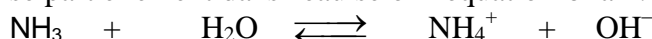
Quand on dilue 10 fois une solution de monobase forte, le pH diminue d'une unité. Ce qui correspond à la solution S<sub>2</sub> de pH = 12,5 qui donne la solution S<sub>4</sub> de pH = 11,5:

la base B<sub>2</sub> est donc une monobase forte

**b-** Comme la base B<sub>2</sub> est forte, Le pH de sa solution est  $pH = 14 + \log C_2$

Soit  $C_2 = [OH^-] = 10^{-14+pH_2} = 10^{-14+12,5} = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**2-a-** L'ammoniac s'ionise partiellement dans l'eau selon l'équation-bilan :



**b-** le tableau d'avancement

Equation chimique de la réaction		$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$			
Etat	avancement volumique en mol.L <sup>-1</sup>	concentration en mol.L <sup>-1</sup>			
Initial	0	C.	Excès	0	10 <sup>-7</sup>
Final	y <sub>f</sub>	C. - y <sub>f</sub>	Excès	y <sub>f</sub>	10 <sup>pH-pK<sub>e</sub></sup>

**c-**  $pH > 8$ . On peut négliger les ions OH<sup>-</sup> provenant de l'ionisation propre de l'eau devant ceux libérés par  $NH_3 \Rightarrow [OH^-] = [NH_4^+] = 10^{pH-14} = y_f$

$$y_f = 10^{10,8-14} = 10^{-3,2} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$y_{\max} = C = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

**d-** Le taux d'avancement final de la réaction  $\tau_f = \frac{y_f}{C} = 0,025$

$$e- \quad Ka = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}, \quad Ka = \frac{(C - y_f)10^{-pH}}{y_f} \quad \therefore \quad \text{Or } \tau_f = \frac{y_f}{C} \Leftrightarrow y_f = C \cdot \tau_f$$

$$D'où \quad Ka = \frac{(C - C \cdot \tau_f)[H_3O^+]}{C \cdot \tau_f} \Rightarrow Ka = \frac{[H_3O^+](1 - \tau_f)}{\tau_f} = \frac{Ke \cdot (1 - \tau_f)}{[OH^-] \tau_f} = \frac{Ke \cdot (1 - \tau_f)}{y_f \cdot \tau_f}$$

Pour une base faiblement dissociée en solution aqueuse diluée  $\tau_f \ll 1$

$$D'où \quad Ka = \frac{10^{-pK_e}}{C \cdot \tau_f^2} \Rightarrow Ka = 6,3 \cdot 10^{-10}$$

0,5

0,25

0,25

0,5

0,75

0,25

1

**EXERCICE N°2 (3,5 points)**

1) a- Enoncé de la loi d'action de masse: Pour un système chimique en équilibre la fonction des concentrations  $\pi$  prend une valeur constante, appelée constante d'équilibre et notée  $K$  qui ne dépend que de la température.

b- Macroscopiquement un système aboutit à un état d'équilibre chimique lorsque les réactifs et les produits de la réaction sont présents dans le système et leurs quantités de matière ne changent pas au cours du temps. Microscopiquement, la réaction directe et la réaction inverse se déroulent avec des vitesses égales et non nulles

2) a- Tableau descriptif de l'évolution du système. pour le mélange 1

Équation de la réaction		$C_2H_5OH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$			
état du système	x (en mol)	Quantités de matière (en $10^{-3}$ mol)			
initial	0	$(n_{acide})_0 = 1,2 \cdot 10^{-3}$	$(n_{alcool})_0 = 1,2 \cdot 10^{-3}$	0	0
intermédiaire	x	$1,2 \cdot 10^{-3} - x$	$1,2 \cdot 10^{-3} - x$	x	x
final	$x_f$	$1,2 \cdot 10^{-3} - x_f = 0,4 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3} - x_f = 0,4 \cdot 10^{-3}$	$x_f = 0,8 \cdot 10^{-3}$	$x_f = 0,8 \cdot 10^{-3}$

b- La constante d'équilibre relative à la réaction d'estérification s'écrit :

$$K = \frac{[ester]_{\text{éq}} \cdot [eau]_{\text{éq}}}{[acide]_{\text{éq}} \cdot [alcool]_{\text{éq}}} = \frac{\frac{x_f}{V} \cdot \frac{x_f}{V}}{\frac{(n_{acide})_0 - x_f}{V} \cdot \frac{(n_{alcool})_0 - x_f}{V}} = \frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)^2} = \frac{(0,8 \cdot 10^{-3})^2}{(0,4 \cdot 10^{-3})^2} = 4$$

c- Le taux d'avancement final  $\tau_f = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 0,66 < 1$ .

3- L'acide sulfurique est un catalyseur, il accélère la réaction. Il est sans influence sur la composition finale du mélange. Il est sans influence sur le taux d'avancement final et sur la valeur de la constante d'équilibre  $K$

4- a-  $\Pi = \frac{[ester][eau]}{[acide][alcool]} = \frac{n_{ester} \cdot n_{eau}}{n_{alcool} \cdot n_{acide}} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3} (0,8 + 0,2) \cdot 10^{-3}}{(0,4 + 0,2) \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 10^{-3}} = 3,33$

$\pi < K$ , le système évolue spontanément dans le sens de la réaction d'estérification.

b-

	Acide	Alcool	Ester	Eau
Etat initial	$0,4 \cdot 10^{-3} + 0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3} + 0,2 \cdot 10^{-3}$
Etat final	$0,6 \cdot 10^{-3} - y$	$0,4 \cdot 10^{-3} - y$	$0,8 \cdot 10^{-3} + y$	$1 \cdot 10^{-3} + y$

$$\frac{(0,8 \cdot 10^{-3} + y)(10^{-3} + y)}{(0,6 \cdot 10^{-3} - y)(0,4 \cdot 10^{-3} - y)} = 4 \Rightarrow y = 0,028 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

La composition du mélange 2 lorsqu'un nouvel état d'équilibre est atteint est alors :

Acide	Alcool	Ester	Eau
$0,372 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,572 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,828 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$1,028 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

## PHYSIQUE

### EXERCICE N°1 (4,5 points)

**1-a-** Une onde est le phénomène résultant de la propagation d'une succession d'ébranlements dans un milieu donné sans transport de matière.

-mécanique est utilisé pour préciser que la perturbation est une déformation d'un milieu matériel. 0,5

-transversale si le déplacement des points du milieu de propagation atteints par la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

**b-** On observe des rides circulaires concentriques, équidistantes qui naissent en O et se propagent vers l'extérieur. 0,25

**2-**  $y_o(t) = a \sin(2\pi Nt + \varphi_s)$ . On montre que  $\varphi_s = 0 \Rightarrow y_o(t) = 5 \cdot 10^{-3} \sin(50\pi t)$  0,5

**3-a-** La longueur d'onde  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T 0,25

**b-** A l'instant de date  $t_1 = 0,02 \text{ s} = 0,5T$   $x_F = V \cdot t_1 = V \cdot 0,5T = 0,5\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{x_F}{0,5} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  0,5

$$V = \lambda \cdot N = 0,4 \text{ m.s}^{-1}$$

**4-a-**  $y_M(t) = y_o(t - \theta)$  tel que  $\theta = \frac{r}{V}$ . 0,5

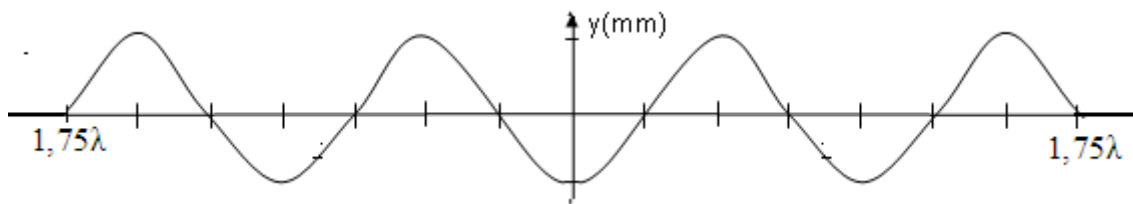
$$y_M(t, r) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}r\right) \quad t \geq \theta$$

**b-** Les valeurs de r pour lesquelles le mouvement de M est en opposition de phase avec celui de O sont telles que  $\frac{2\pi}{\lambda}r = (2k + 1)\pi \Rightarrow r = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$  k entier 0,5

**5-a-** A l'instant de date  $t_2 = 7 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 1,75T$   $x_F = V \cdot t_2 = V \cdot 1,75T = 1,75\lambda$

$$y_M(t_1, r) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}1,75T - \frac{2\pi}{\lambda}r\right) \Rightarrow y_M(r) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}1,75T - \frac{2\pi}{\lambda}r\right)$$
 0,5

$$y_M(r) = a \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}r - \frac{\pi}{2}\right) \Leftrightarrow y_M(r) = 5 \cdot 10^{-3} \sin\left(125\pi \cdot r - \frac{\pi}{2}\right) \quad r < 1,75\lambda$$



**b1-** Pour un point P de la surface du liquide situé à  $r = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} = \frac{5\lambda}{4}$  de O

$$y_P(t, r) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{5\lambda}{4}\right) = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{2}\right)$$
 0,5

$$v_P(t_2) = \left(\frac{dy_P}{dt}\right)_{t_2} = a \frac{2\pi}{T} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t_2 - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\right) = a \frac{2\pi}{T} \sin\left(\frac{2\pi}{T}1,75T\right) = -a \frac{2\pi}{T}$$

$$v_P(t_2) = -\frac{\pi}{4} \text{ m.s}^{-1} = 0,25\pi \text{ m.s}^{-1} = 0,785 \text{ m.s}^{-1}$$

**b2-**  $r = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 1,25\lambda = \frac{5\lambda}{4} = \lambda + \frac{\lambda}{4} \Leftrightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}r = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$  P vibre en quadrature

retard par rapport à O. Le déphasage ( $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}r = \frac{\pi}{2}$ ) du mouvement de P avec celui de O est constant. Il n'évolue pas au cours du temps. 0,5

### Exercice N°2 ( 4,5 points)

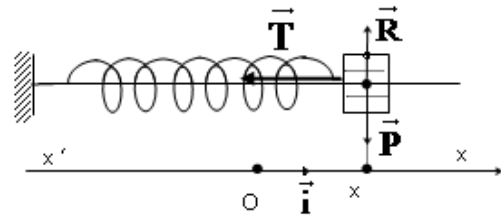
**A- Les frottements sont négligeables.**

1)a- Les forces extérieures exercées sur le solide

en mouvement sont : son poids  $\vec{P}$ ,

la tension du ressort  $\vec{T}$  Avec  $\vec{T} = -Kx \vec{i}$

et la réaction du plan  $\vec{R}$



0,75

On applique la relation fondamentale de la dynamique au solide:  $\Sigma \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m \vec{a}_G$

On projette cette relation vectorielle suivant l'axe Ox, il vient  $-K.x = m.a_G$

Soit,  $-K.x = m. \frac{d^2x}{dt^2}$  qu'on peut l'écrire:  $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0$ . Equation de la forme  $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2.x = 0$ .

la pulsation propre  $\omega_0$  de l'oscillateur est  $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$

b-  $\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2.x \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = f(.x)$  est une fonction linéaire représentée par une droite de pente égale

0,5

à  $(-\omega_0^2)$ . Graphiquement  $-\omega_0^2 = -100(\text{rad.s}^{-1})^2 \Rightarrow \omega_0 = 10\text{rad.s}^{-1}$  et  $m = \frac{K}{\omega_0^2} = 10\text{N.m}^{-1}$

2) a-  $E = E_C + E_P \Leftrightarrow E = \frac{1}{2}.m.v^2 + \frac{1}{2}.K.x^2$ .

0,25

b-  $E = \frac{1}{2}KX_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2}mX_m^2 \omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi) = \frac{1}{2}KX_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2}KX_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$

$\Rightarrow E = \frac{1}{2}KX_m^2 (\sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi)) \Rightarrow E = \frac{1}{2}KX_m^2 = \text{constante}$

0,25

3) a-  $E_C = \frac{1}{2}mX_m^2 \omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi) = \frac{1}{2}KX_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi) \Rightarrow E_C = \frac{1}{4}KX_m^2 (1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi))$

0,25

b- \*  $E = \frac{1}{2}KX_m^2 \Rightarrow X_m = \sqrt{\frac{2E}{K}} = 3.10^{-2}m$

\*A t=0  $E_C = \frac{1}{4}KX_m^2 (1 + \cos(2\varphi)) = \frac{E}{2} \Rightarrow (1 + \cos(2\varphi)) = 1 \Rightarrow (1 + \cos(2\varphi)) = 1 \Rightarrow \cos(2\varphi) = 0$

0,75

$2\varphi = \pm \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi = \pm \frac{\pi}{4}$  Or le solide (S) est écarté d'une distance d dans le sens positif  $\Rightarrow \varphi = + \frac{\pi}{4}$

4-  $E = \frac{1}{2}KX_m^2 = \frac{1}{2}.m.v^2 + \frac{1}{2}.K.x^2 \Rightarrow x^2 = X_m^2 - \frac{v^2}{\omega_0^2} \Rightarrow x = \pm \sqrt{X_m^2 - \frac{v^2}{\omega_0^2}} = \pm 10^{-2}m$

0,5

**B- Les frottements ne sont plus négligeables.**

Les forces appliquées au système formé par le solide sont :

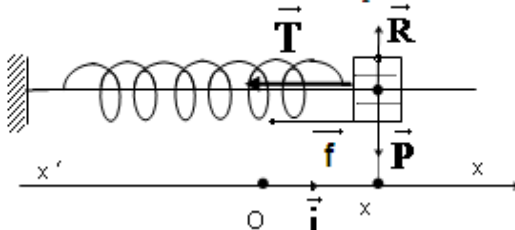
- son poids  $\vec{P}$

- la tension du ressort  $\vec{T} = -Kx \vec{i}$ .

- la réaction du plan  $\vec{R}$

- la force de frottement  $\vec{f} = -h \vec{v} = -hv \vec{i}$

Pour  $x > 0$  et  $v > 0$  on a la représentation suivante :

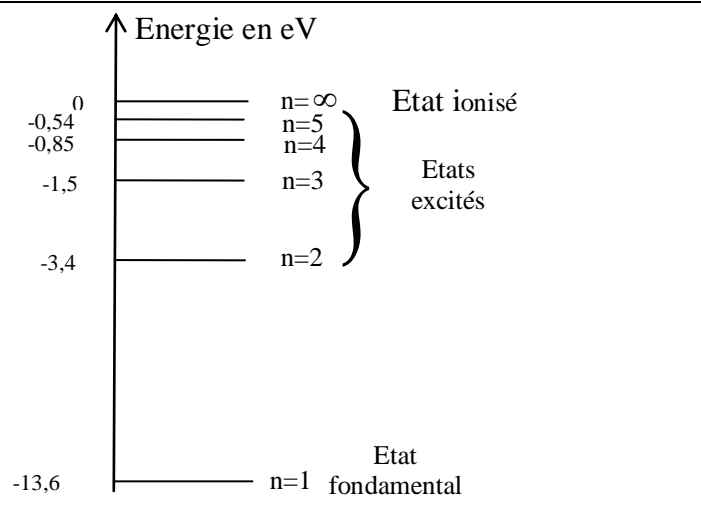


0,5

La R.F.D  $\Sigma \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G$  ; appliquée au solide,  $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} + \vec{f} = m \vec{a}_G$ .

Projection sur  $xx'$ , on a :  $T+f=ma_G. \Rightarrow -Kx-hv=ma_G. \Rightarrow m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + Kx = 0$

<p>2-L'expression de l'énergie mécanique du système {solide ,ressort} à un instant t quelconque est</p> $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2$ <p>En dérivant l'expression de E par rapport au temps</p> $\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2 \right) = v \left( m \frac{dx}{dt} + Kx \right) = -h \frac{dx}{dt} \cdot v = -hv^2 < 0$ <p>L'énergie mécanique diminue au cours du mouvement.</p> <p>3-la variation de l'énergie du système entre les instants de dates t<sub>1</sub> et t<sub>2</sub>.est</p> $\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{1}{2}KX_{m2}^2 - \frac{1}{2}KX_{m1}^2 = \frac{1}{2}K(X_{m2}^2 - X_{m1}^2) = -3.10^{-3}J$	0,25
	0,5

<p><b>EXERCICE N°3 ( 4 points)</b></p>		0,75
<p>1)</p> <p>2) L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est l'énergie minimale qu'il faut fournir à l'atome pris dans son état fondamental pour arracher son électron (obtenir un électron au repos et infiniment éloigné du proton) : soit E<sub>i</sub> = 13,6 eV</p>		0,75
<p>3) a- L'énergie du photon est <math>E = \frac{h.c}{\lambda}</math></p>		0, 25
<p>b- On vérifie si <math>\lambda = 91,2</math> nm peut être absorbé depuis l'état fondamental.</p> <p>Si E est l'énergie correspondante du photon <math>E = \frac{h.c}{\lambda}</math>, au cours de la transition <math>E_n = E_1 + \frac{h.c}{\lambda}</math> avec E<sub>1</sub> = -13,6 eV.</p>		
<p>Pour <math>\lambda = 91,2</math> nm, <math>\frac{h.c}{\lambda} = \frac{6,62.10^{-34}.3.10^8}{91,2.10^{-9}} = 2,18.10^{-18}J = 13,6eV</math>.</p>		0,75
<p>Ce qui correspond exactement à la transition permettant l'ionisation de l'atome d'hydrogène.</p> <p>c- On a : <math>W = E_n - E_1</math>, soit <math>E_n = W + E_1 = -13,6 + 11 = -2,6eV</math>. Ceci ne correspond à aucun niveau d'énergie .11eV ne peut être absorbé depuis l'état fondamental. L'atome d'hydrogène ne peut pas être excité.</p>		0,75
<p>4) a- <math>E_3 - E_2 = \frac{h.c}{\lambda}</math> d'où <math>\lambda = \frac{h.c}{E_3 - E_2} = \frac{6,62.10^{-34}.3.10^8}{(-1,51 - (-3,4)).1,6.10^{-19}} = 657.10^{-9}m</math>.</p>		0,5
<p>b- Cette radiation est dans le domaine visible (400nm-800nm), ce qui témoigne de l'aspect visible de la nébuleuse d'Orion grâce à l'émission d'atomes d'hydrogène excités qu'elle contient.</p>		0, 25