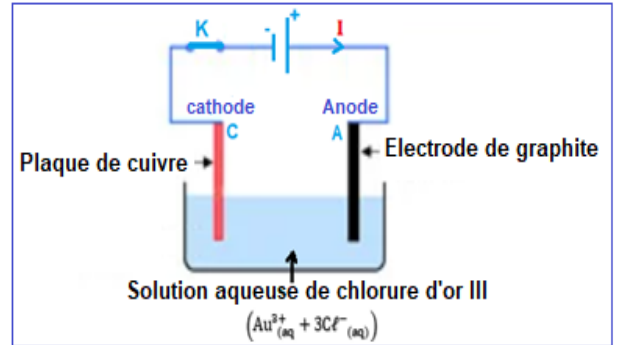


Exercice 1 : (7 points)

Partie 1 : Electrolyse

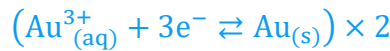
1-Schéma du montage expérimental de l'électrolyse :

Voir figure ci-contre.



2-Equation de la réaction au niveau de chaque électrode et l'équation bilan :

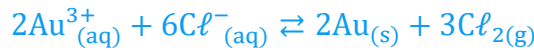
Au niveau de la cathode (plaque de cuivre) se produit la réduction des ions Au^{3+} :



Au niveau de l'anode (électrode de graphite) se produit l'oxydation des ions Cl^{-} :



Equation bilan de l'électrolyse :



3. La durée Δt :

Equation de la réaction	$Au^{3+}_{(aq)}$	$+ 3e^{-}$	\rightleftharpoons	$Au_{(s)}$	$n(e^{-})$
Etat initial	$n_0(Au^{3+})$	--		0	$n(e^{-}) = 0$
Pendant la durée Δt	$n_0(Au^{3+}) - x$	--		x	$n(e^{-}) = 3x$

On a, d'après le tableau de variation :

$$n(e^{-}) = 3x$$

$$n(e^{-}) = \frac{Q}{F} = \frac{I \cdot \Delta t}{F}$$

$$3x = \frac{I \cdot \Delta t}{F} \Rightarrow x = \frac{I \cdot \Delta t}{3F}$$

$$\begin{cases} n(Au) = x \\ n(Au) = \frac{m}{M(Au)} \end{cases} \Rightarrow \frac{m}{M(Au)} = x \Rightarrow \frac{I \cdot \Delta t}{3F} = \frac{m}{M(Au)} \Rightarrow \Delta t = \frac{3F \cdot m}{I \cdot M(Au)}$$

$$\Delta t = \frac{3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,031}{50 \cdot 10^{-3} \times 197} = 911,12 \text{ s}$$

$$\Delta t \approx 15,2 \text{ min}$$

Partie 2 : Etude de quelques propriétés de méthyl amine :

1- Etude de la solution méthyl amine

1.1. Définition de la base d'après Bronsted :

La base est toute espèce chimique capable de capter au moins un proton H^+ au cours d'une transformation chimique.

1.2. Equation de réaction de méthyl amine et l'eau :

www.svt-assilah.com



1.3. Calcul de taux d'avancement τ :

$$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}}$$

Tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$CH_3-NH_2(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons CH_3-NH_3^+(aq) + HO^-(aq)$				
Eat du système	Avancement	Quantité de matière en (mol)				
initial	0	$C_b \cdot V$	en excès	--	0	0
intermédiaire	x	$C_b \cdot V - x$	en excès	--	x	x
équilibre	$x_{\text{éq}}$	$C_b \cdot V - x_{\text{éq}}$	en excès	--	$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$

L'eau est en excès donc le réactif limitant est la base : $C_b \cdot V - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = C_b \cdot V$

$$x_{\text{éq}} = n_{\text{éq}}(HO^-) = [HO^-]_{\text{éq}} \cdot V$$

$$\tau = \frac{[HO^-]_{\text{éq}} \cdot V}{C_b \cdot V} = \frac{[HO^-]_{\text{éq}}}{C_b}$$

$$\tau = \frac{[HO^-]_{\text{éq}}}{C_b} \cdot \frac{[H_3O^+]_{\text{éq}}}{[H_3O^+]_{\text{éq}}} = \frac{K_e}{C_b \cdot 10^{-\text{pH}}} \Rightarrow \tau = \frac{10^{\text{pH}} \cdot K_e}{C_b}$$

$$\tau = \frac{10^{11,3} \times 10^{-14}}{10^{-2}} = 0,1995 \approx 0,2 \Rightarrow \tau \approx 20 \%$$

Conclusion : On a : $\tau < 1$ la transformation est limitée.

1.4. L'expression de quotient de réaction $Q_{r,\text{éq}}$:

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{[CH_3-NH_3^+]_{\text{éq}} \cdot [HO^-]_{\text{éq}}}{[CH_3-NH_2]_{\text{éq}}}$$

$$\tau = \frac{[HO^-]_{\text{éq}}}{C_b} \Rightarrow [HO^-]_{\text{éq}} = C_b \cdot \tau$$

www.svt-assilah.com

D'après le tableau de réaction :

$$[\text{HO}^-]_{\text{éq}} = [\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]_{\text{éq}} = \frac{x_{\text{éq}}}{V} = C_b \cdot \tau$$

$$[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]_{\text{éq}} = \frac{C_b \cdot V - x_{\text{éq}}}{V} = C_b - \frac{x_{\text{éq}}}{V} = C_b - C_b \cdot \tau = C_b(1 - \tau)$$

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{(C_b \cdot \tau)^2}{C_b(1 - \tau)} = \frac{C_b^2 \cdot \tau^2}{C_b(1 - \tau)} \Rightarrow Q_{r,\text{éq}} = \frac{C_b \cdot \tau^2}{1 - \tau}$$

Calcul de $Q_{r,\text{éq}}$:

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{10^{-2} \times (0,2)^2}{1 - 0,2} \Rightarrow Q_{r,\text{éq}} = 5.10^{-4}$$

1.5. Expression K_A en fonction de $Q_{r,\text{éq}}$ et K_e :

$$K_A = \frac{[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]_{\text{éq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]_{\text{éq}}} \cdot \frac{[\text{HO}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HO}^-]_{\text{éq}}} = \frac{[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]_{\text{éq}}} \cdot ([\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{éq}})$$

$$K_A = \frac{1}{Q_{r,\text{éq}}} \cdot K_e \Rightarrow K_A = \frac{K_e}{Q_{r,\text{éq}}}$$

$$\text{p}K_A = -\log K_A = -\log \left(\frac{K_e}{Q_{r,\text{éq}}} \right)$$

$$\text{p}K_A = -\log \left(\frac{10^{-14}}{5.10^{-4}} \right) = 10,699 \Rightarrow \text{p}K_A \approx 10,7$$

2. Dosage de la solution méthyl amine

2.1. Equation de dosage :



2.2. Détermination graphique des coordonnées :

(pH_E ; $V_{a,E}$):

$$V_{a,E} = 15 \text{ mL}; \quad \text{pH}_E = 6,6$$

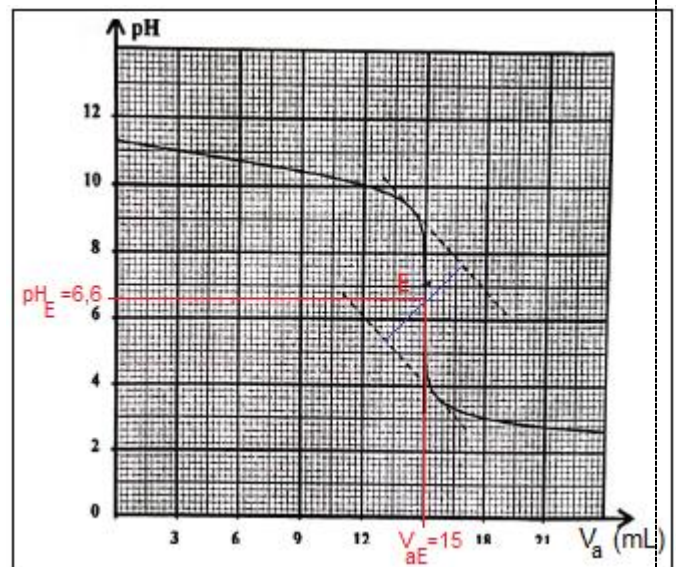
2.3. Déduction de la concentration C_b :

Equation d'équivalence : $C_b \cdot V_b = C_a \cdot V_{a,E}$

$$C_b = \frac{C_a \cdot V_{a,E}}{V_b}$$

$$C_b = \frac{10^{-2} \times 15.10^{-3}}{15.10^{-3}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

2.4. L'indicateur le mieux adapté pour ce dosage :



Le bleu de bromothymol est l'indicateur coloré convenable pour ce dosage car sa zone de virage contient pH_E :

$$6 \leq \text{pH}_E = 6,6 \leq 7,6$$

2.5. La valeur de $\frac{[\text{CH}_3-\text{NH}_2]}{[\text{CH}_3-\text{NH}_3^+]}$ quand on a : pH = 2,8 :

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]}{[\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]} \Rightarrow \log \frac{[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]}{[\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]} = \text{pH} - \text{pK}_A$$

$$\frac{[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]}{[\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]} = 10^{\text{pH} - \text{pK}_A}$$

$$\frac{[\text{CH}_3 - \text{NH}_2]}{[\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]} = 10^{2,8 - 10,7} = 1,26 \cdot 10^{-8} \ll 1$$

$$[\text{CH}_3 - \text{NH}_2] \ll [\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+]$$

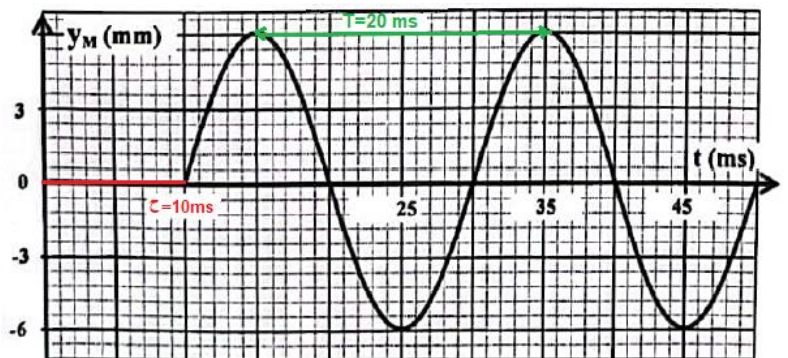
L'espèce prédominante est acide $\text{CH}_3 - \text{NH}_3^+$.

www.svt-assilah.com

Exercice 2 (3,5 points)

Partie 1 : propagation d'une onde mécanique

1- La fréquence de l'onde : B



A	$N = 25 \text{ Hz}$	B	$N = 50 \text{ Hz}$	C	$N = 100 \text{ Hz}$	D	$N = 200 \text{ Hz}$
---	---------------------	----------	---------------------------------------	---	----------------------	---	----------------------

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}}$$

$$N = 50 \text{ Hz}$$

2. Le retard temporel τ : C

A	$\tau = 0,1 \text{ s}$	B	$\tau = 0,02 \text{ s}$	C	$\tau = 0,01 \text{ s}$	D	$\tau = 0,2 \text{ s}$
---	------------------------	---	-------------------------	----------	---	---	------------------------

D'après le graphe : $\tau = 10 \text{ ms} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

$$\tau = 0,01 \text{ s}$$

3. La vitesse de propagation v : A

A	$v = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	B	$v = 0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	C	$v = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	D	$v = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
----------	---	---	--	---	--	---	---

$$v = \frac{\lambda}{\tau} = \frac{L}{\tau}$$

$$v = \frac{2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{0,01 \text{ s}} = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

4. La longueur d'onde λ : A

A	$\lambda = 5 \text{ cm}$	B	$\lambda = 2,5 \text{ cm}$	C	$\lambda = 0,5 \text{ cm}$	D	$\lambda = 0,25 \text{ cm}$
----------	--------------------------	----------	----------------------------	----------	----------------------------	----------	-----------------------------

$$v = \lambda \cdot N \Rightarrow \lambda = \frac{v}{N} = \frac{2,5}{50} = 0,05 \text{ m}$$

$$\lambda = 5 \text{ cm}$$

Partie 2 : Datation par le carbone 14

1. Recopier la bonne réponse :

1.1. Le noyau de $^{14}_6\text{C}$ est constitué de : C

A	11 protons et 6 neutrons	B	8 protons et N = 6
C	6 protons et 8 neutrons	D	N = 14 et Z = 6

Le nombre de protons : $Z = 6$

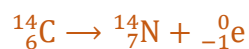
Le nombre de neutrons : $N = A - Z \Rightarrow N = 14 - 6 = 8$

1.2. L'équation de désintégration de $^{14}_6\text{C}$: B

A	$^{14}_6\text{C} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{14}_5\text{B}$	B	$^{14}_6\text{C} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{14}_7\text{N}$
C	$^{14}_6\text{C} \rightarrow \text{He} + \text{Be}$	D	$^{14}_6\text{C} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{14}_5\text{B}$



$$\begin{cases} 14 = A + 0 \\ 6 = Z - 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} A = 14 \\ Z = 7 \end{cases} \Rightarrow ^A_Z\text{X} = ^{14}_7\text{N}$$



2. Calcul en MeV de l'énergie de liaison E_ℓ du noyau de carbone 14 :

$$E_\ell = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m(^{14}_6\text{C})] \cdot c^2$$

$$E_\ell = [6 \times 1,00728 + (14 - 6) \times 1,00866 - 13,99995] \text{u} \cdot c^2$$

$$E_\ell = 0,11301 \text{ u} \cdot c^2 = 0,11301 \times 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \cdot c^2$$

$$E_\ell = 105,27 \text{ MeV}$$

3. L'âge de morceau de bois en ans :

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$a_1 = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1} \Rightarrow \frac{a_1}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t_1} \Rightarrow \ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right) = -\lambda \cdot t_1 \Rightarrow \lambda \cdot t_1 = \ln\left(\frac{a_0}{a_1}\right)$$

$$t_1 = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a_1}\right) \Rightarrow t_1 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a_1}\right)$$

$$t_1 = \frac{5730}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{418}{318}\right) \Rightarrow t_1 = 2260,35 \text{ ans}$$

Exercice 3 (4,5 points)

1. Réponse du dipôle RL à un échelon de tension

1.1. Visualisation de la tension $u_R(t)$:

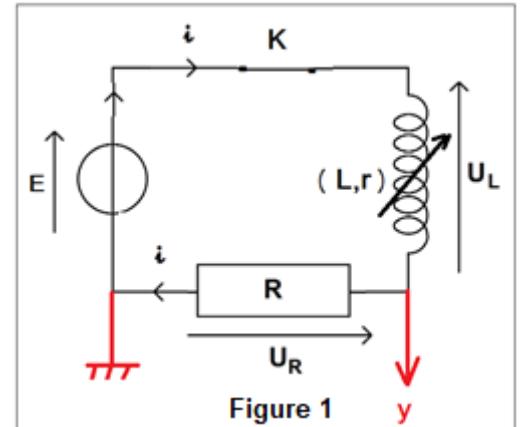
Voir figure 1.

2.1. L'équation différentielle :

Loi d'additivité des tensions (voir figure 1) : $u_L + u_R = E$

$$L_0 \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = E \Rightarrow L_0 \cdot \frac{di}{dt} + (R + r)i = E$$
$$\frac{di}{dt} + \frac{R + r}{L_0} \cdot i = \frac{E}{L_0} \Rightarrow \frac{d(R \cdot i)}{dt} + \frac{R + r}{L_0} \cdot (R \cdot i) = \frac{E \cdot R}{L_0}$$

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{R + r}{L_0} \cdot u_R = \frac{E \cdot R}{L_0}$$



3.1. Détermination graphique de U_0 :

D'après le graphe de la figure 2, en régime permanent on trouve : $U_0 = 9,8 \text{ V}$.

4.1. Déduction de la valeur de r :

D'après la loi d'ohm : $U_0 = R \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{U_0}{R} \text{ A.N} : I_0 = \frac{9,8}{490} = 0,2 \text{ A}$

En régime permanent l'équation $\left[L_0 \cdot \frac{di}{dt} + (R + r)i = E \right]$ s'écrit :

$$(R + r)I_0 = E \Rightarrow R + r = \frac{E}{I_0} \Rightarrow r = \frac{E}{I_0} - R$$

$$r = \frac{10}{0,2} - 490 \Rightarrow r = 10 \Omega$$

5.1. Vérification de la valeur de L_0 :

On a : $\tau = \frac{L_0}{R+r} \Rightarrow L_0 = \tau \cdot (R + r)$

D'après la figure 2 on trouve : $\tau = 1 \text{ ms}$

$$L_0 = 10^{-3} \times (490 + 10) \Rightarrow L_0 = 0,5 \text{ H}$$

6.1. Le choix de la courbe représentant la tension $u_R(t)$:

La courbe C_4 ne correspond pas à la variation de la tension $u_R(t)$ car la valeur $u_R(t)$ de en régime permanent est $U_0 = 12 \text{ V} \neq 9,8 \text{ V}$.

On a : $L = L_0$ l'expression de la constante de temps est $\tau = \frac{L_0}{R+r}$.

On a aussi : $L = L_1 = 2L_0$ la constante de temps s'écrit : $\tau_1 = \frac{L_1}{R+r} = \frac{2L_0}{R+r} = 2\tau$

La courbe C_2 correspond à la variation de la tension $u_R(t)$ car sa constante de temps est la plus grande.

2. les oscillations libres dans un circuit RLC série

1.2. L'équation différentielle vérifiée par $q(t)$:

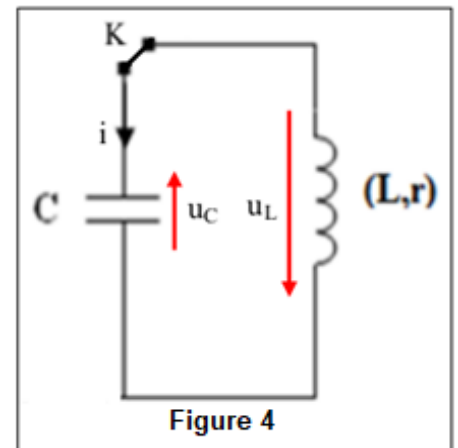
D'après la loi d'additivité des tensions (voir figure 4) : $u_L + u_C = 0$

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

$$q = C \cdot u_C \Rightarrow u_C = \frac{1}{C} \cdot q$$

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dq}{dt} \right) = \frac{d^2q}{dt^2}$$

$$L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + r \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} \cdot q = 0 \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{L \cdot C} \cdot q = 0$$



2.2. Détermination de la capacité C :

On a : $T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \Rightarrow T_0^2 = 4\pi^2 L \cdot C \Rightarrow C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L}$

Graphiquement d'après la figure 5 on trouve : $T_0 = 0,10 \text{ s}$, on a : $T \approx T_0$

$$C = \frac{(0,10)^2}{4 \times 10 \times 1} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ F} \Rightarrow C = 250 \mu\text{F}$$

3- Réception d'une onde modulante d'amplitude

1.3. Le rôle de chaque partie (1) et (2) :

Partie (1) : Réception et sélection de l'onde modulée.

Partie (2) : Elimination de la composante continue.

2.3. Détermination de la valeur de L :

L'expression de la fréquence propre :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_1}} \Rightarrow f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 L \cdot C_1}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C_1 \cdot f_0^2}$$

$$L = \frac{1}{4 \times 10 \times 85,4 \cdot 10^{-12} \times (171 \cdot 10^3)^2} = 0,01 \text{ H} \Rightarrow L = 10 \text{ mH}$$

www.svt-assilah.com

www.svt-assilah.com

Exercice 4 (5 points)

Partie 1 : Etude du mouvement d'un solide sur un plan incliné

1. Etude du mouvement sur OA

1.1. Vérification de l'équation différentielle :

Système étudié : {le solide (S)}

Bilan des forces (voir figure 1):

\vec{P} : Poids de (S) ;

\vec{R} : Réaction du plan incliné (le contact se fait avec frottements $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$).

\vec{F} : Action de la force motrice.

Application de la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ex}} = m \cdot \vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$

Projection sur l'axe $(0, \vec{i})$:

$$\begin{aligned} P_x + R_x + F_x &= m \cdot a_x \\ -m \cdot g \sin \alpha - f + F &= m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \\ \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{F - f}{m} - g \sin \alpha \end{aligned}$$

1.2.1. Détermination de l'accélération a_{1x} :

La courbe $x = f(t^2)$ de la figure 2 est une fonction linéaire son équation s'écrit : $x = K \cdot t^2$

K est le coefficient directeur : $K = \frac{\Delta x}{\Delta t^2} = \frac{(2-0)m}{(2-0)s^2} = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

L'accélération s'écrit :

$$\frac{dx}{dt} = 2K \cdot t \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = 2K \Rightarrow a_{1x} = 2K = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

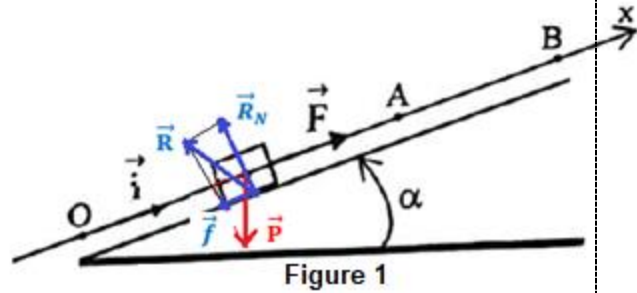
2.2.1. Vérification de l'intensité de la force \vec{F} :

L'équation différentielle s'écrit : $a_{1x} = \frac{F-f}{m} - g \sin \alpha$

$$\frac{F-f}{m} = a_{1x} + g \sin \alpha \Rightarrow F - f = m \cdot (a_{1x} + g \sin \alpha)$$

$$F = m \cdot (a_{1x} + g \sin \alpha) + f$$

A.N : $F = 2 \times (2 + 10 \sin(17,5)) + 2 \Rightarrow F = 12 \text{ N}$



3.2.1. Vérification de la vitesse v_A au point A :

$$v(t) = a_{1x} \cdot t + \underbrace{v_0}_{=0} \Rightarrow v(t) = a_{1x} \cdot t$$

$$x(t) = \frac{1}{2} a_{1x} \cdot t^2 + \underbrace{v_0}_{=0} \cdot t + \underbrace{x_0}_{=0} \Rightarrow x(t) = \frac{1}{2} a_{1x} \cdot t^2$$

Au point A :

$$OA = x_A - \underbrace{x_0}_{=0} = \frac{1}{2} a_{1x} \cdot t_A^2 \Rightarrow t_A = \sqrt{\frac{2OA}{a_{1x}}}$$

$$v_A = a_{1x} t_A \Rightarrow v_A = a_{1x} \sqrt{\frac{2OA}{a_{1x}}} \Rightarrow v_A = \sqrt{2 OA \cdot a_{1x}}$$

$$v_A = \sqrt{2 \times 4 \times 2} \Rightarrow v_A = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2. Etude du mouvement sur AB

1.2. Détermination de l'accélération a_{2x} :

L'équation différentielle de la question (1.1) $\left[a_{1x} = \frac{F-f}{m} - g \sin \alpha \right]$ s'écrit (avec $F = 0$) :

$$a_{2x} = -\frac{f}{m} - g \sin \alpha$$

A.N :

$$a_{2x} = -\frac{2}{2} - 10 \times \sin(17,5^\circ) \Rightarrow a_{2x} = -4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

2.2. Détermination de la distance AB :

$$x(t) = \frac{1}{2} a_{2x} \cdot t^2 + \underbrace{v_0}_{=v_A} \cdot t + \underbrace{x_0}_{=0} \Rightarrow x(t) = \frac{1}{2} a_{2x} \cdot t^2 + v_A \cdot t$$

$$v(t) = a_{2x} \cdot t + v_A$$

Au point B, on a : $v_B = 0$ on écrit : $a_{2x} \cdot t_B + v_A = 0 \Rightarrow t_B = -\frac{v_A}{a_{2x}} = -\frac{4}{(-4)} = 1 \text{ s}$

$$AB = x_B - x_A = \frac{1}{2} a_{2x} \cdot t_B^2 + v_A \cdot t_B \Rightarrow AB = \frac{1}{2} \times (-4) \times 1^2 + 4 \times 1 \Rightarrow AB = 2 \text{ m}$$

Partie 2 : Etude d'un oscillateur mécanique

1. Nature du mouvement :

Mouvement rectiligne oscillatoire sinusoïdal.

2. L'équation différentielle du mouvement de G :

Système étudié : {la solide (S)}

Bilan des forces : (voir figure 3)

\vec{P} : poids de (S) ;

\vec{R} : réaction du plan horizontal (le contact se fait sans frottements).

\vec{T} : tension du ressort.

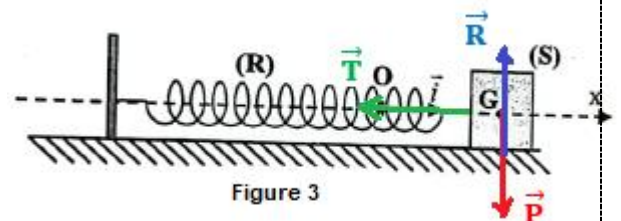


Figure 3

Application de la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ex}} = m \cdot \vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m \cdot \vec{a}_G$

Projection sur l'axe (O, \vec{i}) :

$$P_x + R_x + T_x = m \cdot a_x$$

$$0 + 0 - k \cdot x = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = 0$$

3. La valeur de raideur k du ressort :

L'expression de la période propre : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

$$T_0^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$$

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2}$$

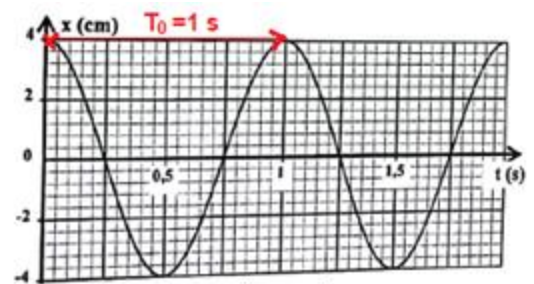


Figure 4

D'après la figure 4 la valeur de la période propre : $T_0 = 1 \text{ s}$

$$k = \frac{4 \times 10 \times 0,5}{1^2} \Rightarrow k = 20 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

www.svt-assilah.com

