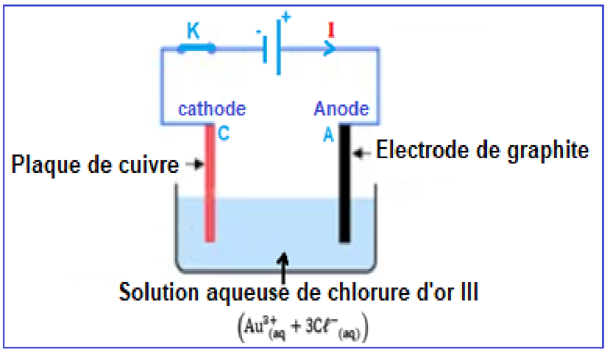
Exercice 1 : (7 points)

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+}:

$$\left(Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftarrows Au_{(s)}\right) \times 2$$

Au niveau de l'anode (électrode de graphite) se produit l'oxydation des ions $C\ell^-$:

$$\left(2C\ell^-_{(aq)} \rightleftarrows C\ell_{2(g)} + 2e^-\right) \times 3$$

Equation bilan de l'électrolyse :

$$2Au^{3+}_{(aq)} + 6C\ell^-_{(aq)} \rightleftarrows 2Au_{(s)} + 3C\ell_{2(g)}$$

3. La durée Δt :

Equation de la réaction	$Au^{3+}_{(aq)}$ +	$3e^-$	$\rightleftarrows$	$Au_{(s)}$	$n(e^-)$
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 :

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

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

$$3x = \frac{I.\Delta t}{F} \Longrightarrow x = \frac{I.\Delta t}{3F}$$

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

$$\Delta t = \frac{3 \times 9{,}65.10^4 \times 0{,}031}{50.10^{-3} \times 197} = 911{,}12\ s$$

$$\Delta t \simeq 15{,}2\ min$$

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 :

$$CH_3{-}NH_{2\,(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftarrows CH_3 - NH_{3\,(aq)}^+ + HO^-_{(aq)}$$

1.3. Calcul de taux d'avancement τ :

$$\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}}$$

Tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$CH_3 - NH_{2\,(aq)}$ +	$H_2O_{(\ell)}$ ⇄		$CH_3 - NH_{3\,(aq)}^+$ +	$HO^-_{(aq)}$
Eat du systéme	Avancement	Quantité de matière en (mol)				
initial	0	$C_b.V$	en excès	--	0	0
intermédiaire	x	$C_b.V - x$	en excès	--	x	x
équilibre	$x_{éq}$	$C_b.V - x_{éq}$	en excès	--	$x_{éq}$	$x_{éq}$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\tau = \frac{[HO^-]_{éq}}{C_b} \implies [HO^-]_{éq} = C_b.\tau$$

D'après le tableau de réaction :

$$[HO^-]_{éq} = [CH_3 - NH_3^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} = C_b.\tau$$

$$[CH_3 - NH_2]_{éq} = \frac{C_b.V - x_{éq}}{V} = C_b - \frac{x_{éq}}{V} = C_b - C_b.\tau = C_b(1-\tau)$$

$$Q_{r,éq} = \frac{(C_b.\tau)^2}{C_b(1-\tau)} = \frac{{C_b}^2.\tau^2}{C_b(1-\tau)} \Longrightarrow Q_{r,éq} = \frac{C_b.\tau^2}{1-\tau}$$

Calcul de $Q_{r,éq}$:

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

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

$$K_A = \frac{[CH_3 - NH_2]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[CH_3 - NH_3^+]_{éq}}.\frac{[HO^-]_{éq}}{[HO^-]_{éq}} = \frac{[CH_3 - NH_2]_{éq}}{[CH_3 - NH_3^+]_{éq}.[HO^-]_{éq}}.([H_3O^+]_{éq}.[HO^-]_{éq})$$

$$K_A = \frac{1}{Q_{r,éq}}.K_e \Longrightarrow K_A = \frac{K_e}{Q_{r,éq}}$$

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

$$pK_A = -\log\left(\frac{10^{-14}}{5.10^{-4}}\right) = 10,699 \Longrightarrow pK_A \simeq 10,7$$

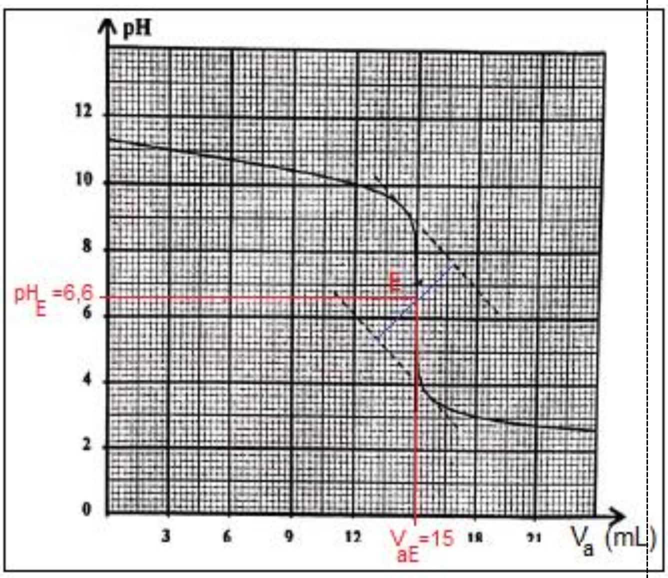
2. Dosage de la solution méthyl amine

2.1. Equation de dosage :

$$CH_3 - NH_{2\,(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow CH_3 - NH^+_{3\,(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

2.2. Détermination graphique des coordonnées : $(pH_E\,;\ V_{a,E})$:

$$V_{aE} = 15\ mL\,; \quad pH_E = 6,6$$



2.3. Déduction de la concentration C_b :

Equation d'équivalence : $C_b.V_b = C_a.V_{aE}$

$$C_b = \frac{C_a.V_{aE}}{V_b}$$

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

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 :

$$6 \leqslant pH_E = 6,6 \leqslant 7,6$$

2.5. La valeur de $\frac{[CH_3-NH_2]}{[CH_3-NH_3^+]}$ quand on a : $pH = 2{,}8$:

$$pH = pK_A + \log\frac{[CH_3-NH_2]}{[CH_3-NH_3^+]} \Longrightarrow \log\frac{[CH_3-NH_2]}{[CH_3-NH_3^+]} = pH - pK_A$$

$$\frac{[CH_3-NH_2]}{[CH_3-NH_3^+]} = 10^{pH-pK_A}$$

$$\frac{[CH_3-NH_2]}{[CH_3-NH_3^+]} = 10^{2{,}8-10{,}7} = 1{,}26.10^{-8} \ll 1$$

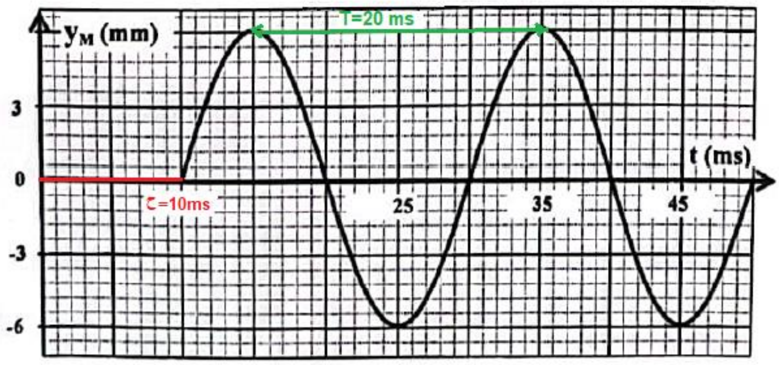
$$[CH_3-NH_2] \ll [CH_3-NH_3^+]$$

L'espèce prédominante est acide $CH_3-NH_3^+$.

Exercice 2 (3,5 points)

Partie 1 : propagation d'une onde mécanique

1- La fréquence de l'onde : B



A	$N = 25\ Hz$	**B**	$\boldsymbol{N = 50\ Hz}$	C	$N = 100\ Hz$	D	$N = 200\ HZ$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{20.10^{-3}}$$

$$N = 50\ Hz$$

2. Le retard temporel τ : C

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

D'après le graphe : $\tau = 10\ ms = 10.10^{-3} s$

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

3. La vitesse de propagation V : A

A	**V= $\boldsymbol{2{,}5\ m.s^{-1}}$**	B	V= $0{,}25\ m.s^{-1}$	C	V= $25\ m.s^{-1}$	D	V= $0{,}4\ m.s^{-1}$

$$V = \frac{SM}{\tau} = \frac{L}{\tau}$$

$$V = \frac{2{,}5.10^{-2}\ m}{0{,}01 s} = 2{,}5\ m.s^{-1}$$

4. La longueur d'onde λ : A

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

$$V = \lambda . N \Longrightarrow \lambda = \frac{V}{N} = \frac{2{,}5}{50} = 0{,}05\ m$$

$$\lambda = 5\ cm$$

Partie 2 : Datation par le carbone 14

1. Recopier la bonne réponse :

1.1. Le noyau de ${}^{14}_{6}C$ 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 : $N = A - Z \Longrightarrow N = 14 - 6 = 8$

1.2. L'équation de désintégration de ${}^{14}_{6}C$: B

A	${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{5}B$	B	${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{7}N$
C	${}^{14}_{6}C \longrightarrow He + Be$	D	${}^{14}_{6}C + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{14}_{5}B$

$${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e$$

$$\begin{cases} 14 = A + 0 \\ 6 = Z - 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} A = 14 \\ Z = 7 \end{cases} \Longrightarrow {}^{A}_{Z}X = {}^{14}_{7}N$$

$${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$$

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

$$E_\ell = \Delta m . c^2 = \left[Z . m_p + (A - Z) . m_n - m({}^{14}_{6}C)\right] . c^2$$

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

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

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

3. L'âge de morceau de bois en ans :

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

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

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

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

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.

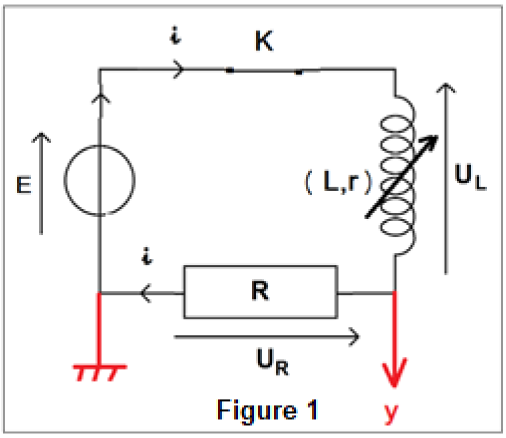


Figure 1

2.1. L'équation différentielle :

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

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

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

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

3.1. Détermination graphique de U_0 :

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

4.1. Déduction de la valeur de r :

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

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

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

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

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 $U_0 = 12\ V \neq 9{,}8\ V$.

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 vérifier par $q(t)$:

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

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

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

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

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

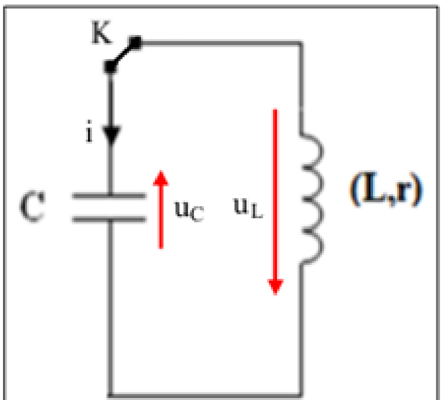


Figure 4

2.2. Détermination de la capacité C :

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

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

$$C = \frac{(0{,}10)^2}{4 \times 10 \times 1} = 2{,}5.10^{-4}\ F \Rightarrow C = 250\ \mu F$$

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 :

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

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

$$L = \frac{1}{4 \times 10 \times 85{,}4.10^{-12} \times (171.10^3)^2} = 0{,}01\ H \Rightarrow L = 10\ mH$$

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):

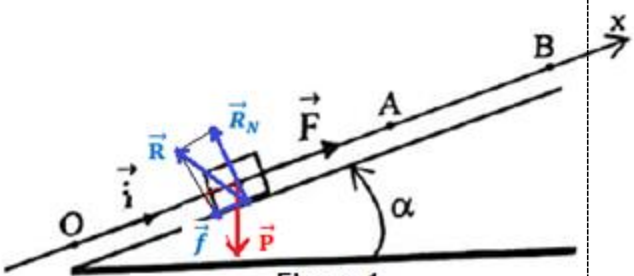


Figure 1

$\vec{P}$: 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 : $\sum \vec{F}_{ex} = m.\vec{a}_G \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m.\vec{a}_G$

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

$$P_x + R_x + F_x = m.a_x$$

$$-m.g\sin\alpha - f + F = m.\frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F-f}{m} - g\sin\alpha$$

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 : $x = K.t^2$

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

L'accélération s'écrit :

$$\frac{dx}{dt} = 2K.t \Longrightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = 2K \Longrightarrow a_{1x} = 2K = 2\ m.s^{-2}$$

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

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

$$\frac{F-f}{m} = a_{1x} + g\sin\alpha \Longrightarrow F - f = m.(a_{1x} + g\sin\alpha\,)$$

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

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

3.2.1. Vérification de la vitesse V_A au point A :

$$V(t) = a_{1x}.t + \underbrace{V_0}_{=0} \Rightarrow V(t) = a_{1x}.t$$

$$x(t) = \frac{1}{2}a_{1x}.t^2 + \underbrace{V_0}_{=0}.t + \underbrace{x_0}_{=0} \Rightarrow x(t) = \frac{1}{2}a_{1x}.t^2$$

Au point A : $$OA = x_A - \underbrace{x_0}_{=0} = \frac{1}{2}a_{1x}.{t_A}^2 \Rightarrow t_A = \sqrt{\frac{2OA}{a_{1x}}}$$

$$V_A = a_{1x}t_A \Rightarrow V_A = a_{1x}\sqrt{\frac{2OA}{a_{1x}}} \Rightarrow V_A = \sqrt{2\,OA.a_{1x}}$$

$$V_A = \sqrt{2 \times 4 \times 2} \Rightarrow V_A = 4\ m.s^{-1}$$

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 : $$a_{2x} = -\frac{2}{2} - 10 \times \sin(17{,}5°) \Rightarrow a_{2x} = -4\ m.s^{-2}$$

2.2. Détermination de la distance AB :

$$x(t) = \frac{1}{2}a_{2x}.t^2 + \underbrace{V_0}_{=V_A}.t + \underbrace{x_0}_{=0} \Rightarrow x(t) = \frac{1}{2}a_{2x}.t^2 + V_A.t$$

$$V(t) = a_{2x}.t + V_A$$

Au point B, on a : $V_B = 0$ on écrit : $a_{2x}.t_B + V_A = 0 \Rightarrow t_B = -\frac{V_A}{a_{2x}} = -\frac{4}{(-4)} = 1s$

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

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 : $\{\text{la solide } (S)\}$

Bilan des forces : (voir figure 3)

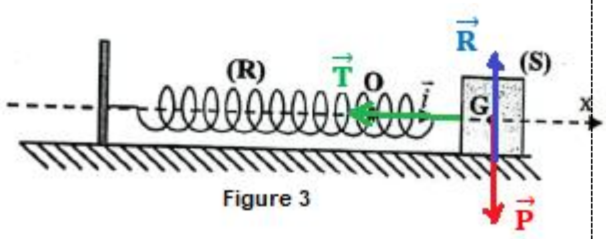


Figure 3

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

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

$\vec{T}$: tension du ressort.

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

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

$$P_x + R_x + T_x = m.a_x$$

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

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

3. La valeur de raideur k du ressort :

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

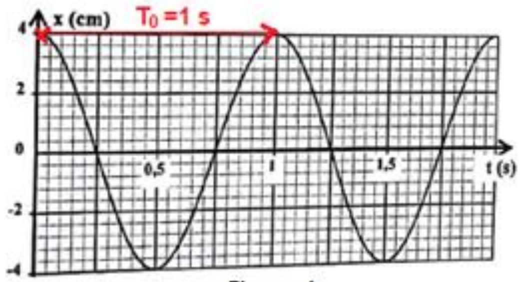


Figure 4

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

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

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

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

www.svt-assilah.com