Correction de l'examen national du baccalauréat international
Science physique - session rattrapage 2019

EXERCICE I (7 points)

Partie 1 : Etude de la pile nickel-calcium

1. Calcul de $Q_{r,i}$:

Equation de la réaction : $$Ni^{2+}_{(aq)} + Cd_{(s)} \rightleftarrows Ni_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)}$$

L'expression du quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[Cd^{2+}]_i}{[Ni^{2+}]_i} = \frac{C}{C} = 1$$

On a : $Q_{r,i} < K = 4{,}5.10^5$ donc l'ensemble évolue spontanément dans le sens direct (sens de formation de Ni et Cd^{2+}).

2. Le schéma conventionnel de la pile :

Au niveau de la cathode se produit la réduction donc l'électrode de Ni représente le pôle positif de la pile.

Le schéma conventionnel est : $\oplus \quad Ni_{(s)}/Ni^{2+}_{(aq)} \therefore\because Cd^{2+}_{(aq)}/Cd_{(s)} \quad \ominus$

3. Equation de la réaction à chaque électrode :

Au niveau de la cathode (électrode de nickel) se produit la réduction des ions Ni^{2+} :

$$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Ni_{(s)}$$

Au niveau de l'anode (électrode de cadmium) se produit l'oxydation de Ni :

$$Cd_{(s)} \rightleftarrows Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

4. Calcul de la variation Δm pendant Δt :

Tableau d'avancement de la réaction de réduction :

Equation de la réaction		$Ni^{2+}_{(aq)}$	$+ \quad 2e^-$	$\rightleftarrows \quad Ni_{(s)}$	Quantité de matière d'e^-
Etat du système	التقدم	Quantité de matière en (mol)			
Etat initial	0	$n_i(Ni^{2+})$	—	$n_i(Ni)$	$n(e^-) = 0$
L'état après la durée Δt	x	$n_i(Ni^{2+}) - x$	—	$n_i(Ni^{2+}) + x$	$n(e^-) = 2x$

D'après le tableau :

$$\begin{cases}\Delta n(Ni) = x \\ n(e^-) = 2x\end{cases} \Rightarrow \Delta n(Ni) = \frac{n(e^-)}{2} \Rightarrow \frac{\Delta m}{M(Ni)} = \frac{I.\Delta t}{2F} \Rightarrow \Delta m = \frac{I.\Delta t}{2F}.M(Ni)$$

A.N : $$\Delta m = \frac{0{,}3\times5\times3600}{2\times9{,}65.10^4} \times 58{,}7 \Rightarrow \Delta m = 1{,}64\ g$$

Partie 2 : Etude de quelques réaction de l'acide acétylsalicylique

I – Dosage d'une solution d'acide acétylsalicylique

1. L'équation de la réaction de dosage :

$$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2.1. Détermination de la concentration C_A :

D'après la relation d'équivalence : $C_A.V_A = C_B.V_{BE}$ d'où : $C_A = \frac{C_B.V_{BE}}{V_A}$

A.N : $C_A = \frac{10^{-2}\times 10}{10} \Longrightarrow C_A = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$

2.2. Montrons la valeur de m :

On a : $C_A = \frac{n}{V} = \frac{m}{M(C_9H_8O_4).V}$ alors : $m = C_A.M(C_9H_8O_4).V$

A.N : $m = 10^{-2} \times 180 \times 278.10^{-3} = 0{,}5\ g$

3. Le choix de l'indicateur coloré :

L'indicateur coloré convenable est celui dont la zone de virage contient le pH_E.

D'prés l'équation de la réaction de dosage à l'équivalence le mélange réactionnel contient les ions A^- et l'eau et les ions Na^+, donc le milieu est basique et son $pH_E > 7$

L'indicateur coloré convenable est le rouge de crésol.

II- Etude de la réaction entre les ions hydrogénocarbonate et l'acide acétylsalicylique

1. Les quantités de matière initiales des réactifs :

$n_0(C_9H_8O_4) = \frac{m}{M(C_9H_8O_4)}$ A.N : $n_0(C_9H_8O_4) = \frac{0{,}5}{180} \approx 2{,}8.10^{-3}\ mol = 2{,}8\ mmol$

$n_0(HNO_3^-) = [HNO_3^-]_0.V = C.V$ A.N : $n_0(HNO_3^-) = 0{,}5 \times 10.10^{-3} = 5.10^{-3} mol = 5\ mmol$

2. Dressage du tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$C_9H_8O_{4(aq)}$ +	HNO_3^-	$\longrightarrow$	$C_9H_7O_4^-{}_{(aq)}$ +	$CO_{2\,(g)}$ +	$H_2O_{(l)}$
Etat du système	Avancement	Quantité de matière en $(mmol)$					
Etat initial	0	2,8	5	$--$	0	0	en excès
Etat intermédiaire	x	$2,8-x$	$5-x$	$--$	x	x	en excès
Etat final	x_{max}	$2,8-x_{max}$	$5-x_{max}$	$--$	x_{max}	x_{max}	en excès

3- L'avancement maximal x_{max} :

On considère $C_9H_8O_4$ réactif limitant, on écrit : $2{,}8 - x_{max} = 0$ donc : $x_{max} = 2{,}8\ mmol$

On considère HNO_3^- réactif limitant, on écrit : $5 - x_{max} = 0$ donc : $x_{max} = 5\ mmol$

L'avancement maximal est : $x_{max} = 2{,}8\ mmol$.

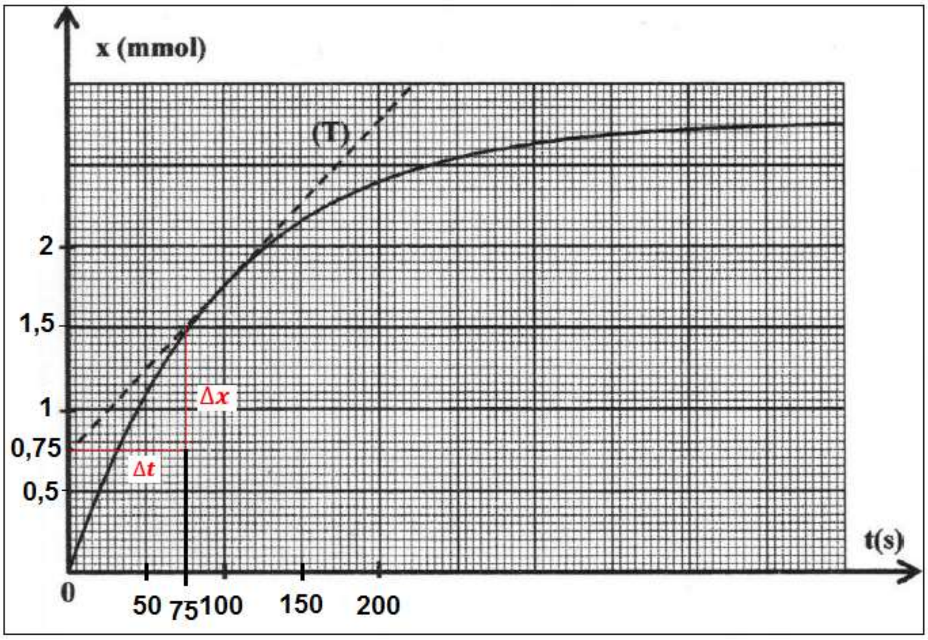
4. Calcul de la vitesse volumique de la réaction à t=100 s :

D'après la définition de la vitesse volumique : $\mathrm{v}(t) = \frac{1}{V}.\frac{dx}{dt}$

A l'instant t=100 s la vitesse s'écrit : $\mathrm{v}(t) = \frac{1}{V}.\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_t$

$\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_t$ est le coefficient directeur de la tangente de la courbe $x(t)$ à t=100 s .

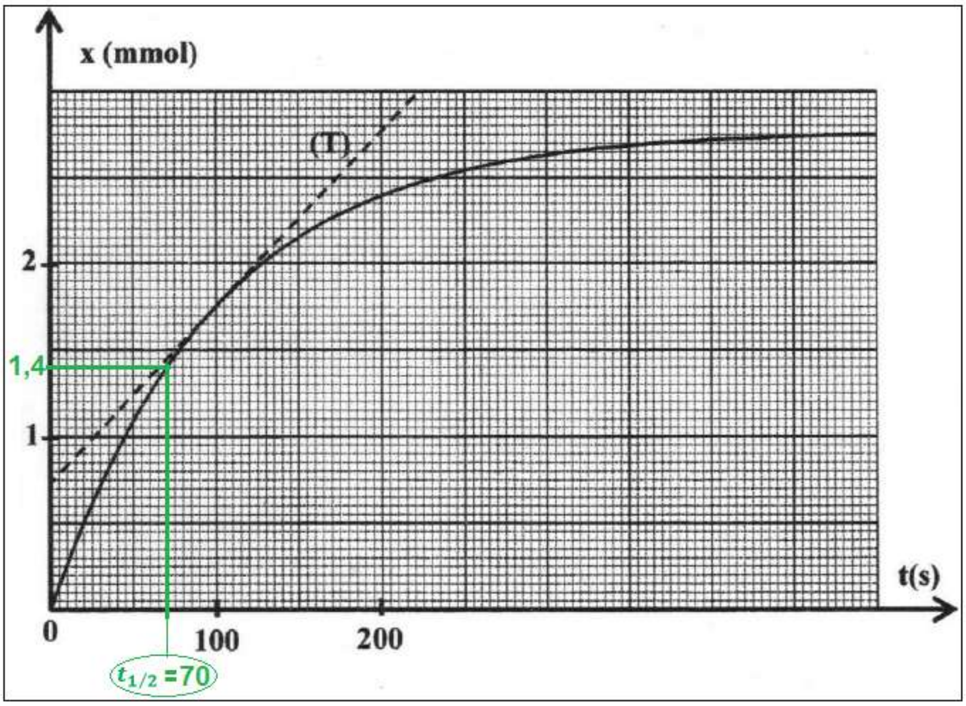
$$\mathrm{v}(t) = \frac{1}{10.10^{-3}}.\left(\frac{1{,}5-0{,}75}{75-0}\right)_t = 1\ mmol.L^{-1}.s^{-1} = 10^{-3}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$



5. La détermination graphique de $t_{1/2}$:

Au temps de demi-réaction on a : $x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2} = \frac{2,8}{2} = 1,4\ mmol$

Graphiquement l'abscisse de l'avancement $1,4\ mmol$ donne la valeur $t_{1/2} = 70\ \text{s}$.



EXERCICE II ((2,5 points)

Etude de la diffraction de la lumière

1. L'expression juste :

L'analyse dimensionnelle de l'expression $\lambda = \frac{a.L}{2D}$:

$$[\lambda] = \frac{[a].[L]}{[D]} = \frac{[L].[L]}{[L]} = [L]$$

L'unité de la longueur d'onde λ est le mètre donc l'expression juste est : $\lambda = \frac{a.L}{2D}$.

2.1. L'écart angulaire θ augmente si la longueur d'onde λ augmente : juste.

D'après l'expression de l'écart angulaire $\theta = \frac{\lambda}{a}$, quand λ augmente θ augmente.

2.2. La largeur L de la tâche centrale est proportionnelle à la largeur a de la fente : Faux

D'après l'expression de la largeur L on a : $L = \frac{2\lambda.D}{a}$ donc : L est inversement proportionnelle à la largeur a de la fente.

3. Détermination de λ_R :

$$\lambda_R = \frac{a.L_R}{2D}$$

A.N: $\lambda_R = \frac{0,3.10^{-3} \times 8,5.10^{-3}}{2 \times 2} = 6,375.10^{-7}\, m \Longrightarrow \lambda_R = 637,5\, nm$

4. Comparaison de L_R et L_B :

on a : $\lambda = \frac{a.L}{2D}$ donc : λ est proportionnelle à la largeur L .

$$\lambda_R > \lambda_B \quad \Longrightarrow \quad L_R > L_B$$

EXERCICE III (5 points)

Partie 1 : Etude du dipôle RL et du circuit RLC série

I - Etude du dipôle RL

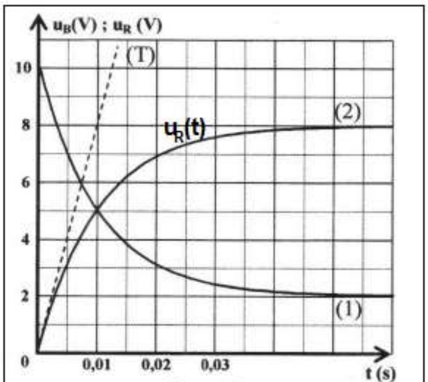


Figure 2

1. La courbe qui correspond à $u_R(t)$:

A t=0 on a : $i(0) = 0$ et d'après la loi d'ohm $u_R(0) = R.i(0) = 0$ donc la courbe $u_R(t)$ passe par l'origine des axes, elle correspond à la courbe 2.

2. L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_R(t)$:

Loi d'additivité des tensions : $u_R + u_B = E$

Loi d'ohm : $u_R = R.i$ et $u_B = \mathrm{L}.\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dt}} + \mathrm{r.i}$

$\mathrm{L}.\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dt}} + \mathrm{r.i} + R.i = E \Longrightarrow \mathrm{L}.\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dt}} + (\mathrm{R}+r).i = E$

$\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dt}} + \left(\frac{R+r}{L}\right).i = \frac{E}{L} \quad \Longrightarrow \frac{\mathrm{d(Ri)}}{\mathrm{dt}} + \left(\frac{R+r}{L}\right).R.i = \frac{R.E}{L}$

$$\frac{\mathrm{d}u_R}{\mathrm{dt}} + \frac{R+r}{L}.u_R = \frac{R.E}{L}$$

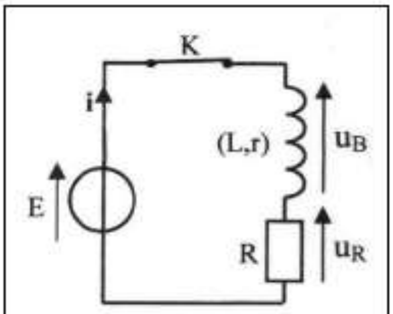


Figure1

3. Déduction de l'expression de U_R en régime permanent :

En régime permanent on a : $i = I = cte \Longrightarrow u_R = U_R = R.I = Cte$

d'où : $\frac{du_R}{\mathrm{dt}} = 0$

L'équation différentielle s'écrit : $\left(\frac{R+r}{L}\right).U_R = \frac{R.E}{L} \Longrightarrow (R+r).U_R = R.E \Longrightarrow U_R = \frac{R.E}{R+r}$

4. Calcul de r :

$$U_R = \frac{R.E}{R+r} \Longrightarrow R+r = \frac{R.E}{U_R} \Longrightarrow r = \frac{R.E}{U_R} - R \Longrightarrow r = R\left(\frac{E}{U_R} - 1\right)$$

D'prés la courbe (2) de la figure 2 dans le régime permanent on a : $U_R = 8\,\mathrm{V}$

A.N : $r = 40 \times \left(\frac{10}{8} - 1\right) = 10\ \Omega$

5. La détermination graphique de τ :

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

6. Vérification de la valeur de L :

L'expression de la constante de temps du dipôle RL :

$\tau = \frac{L}{R+r} \Longrightarrow L = \tau(R+r)$ A.N : $L = 0{,}01 \times (40+10) = 0{,}5\ H$

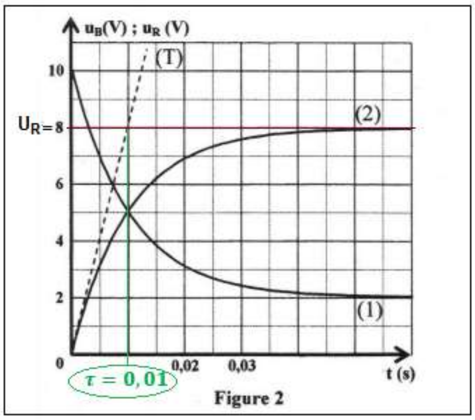


Figure 2

II- Etude du circuit *RLC* série

1. Le régime correspond aux courbes de la figure 4 :

Est le régime pseudopériodique.

2. Détermination de la valeur de C :

L'expression de la période propre : $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C} \Longrightarrow T_0^2 = 4\pi^2 L.C \Longrightarrow C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L}$

On a $T \approx T_0$ et d'après la courbe $u_C(t)$ de la figure 4 on trouve graphiquement $T = 10\ ms$.

A.N : $C = \frac{(10.10^{-3})^2}{4\times10\times0{,}5} = 5.10^{-6}\ F$ d'où : $C = 5\ \mu F$

3. Calcul de l'énergie totale E_{t1} à $t_1 = 9ms$:

$$E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2}C.u_C^2 + \frac{1}{2}L.i^2$$

A $t_1 = 9ms$, en utilisant les deux courbes de la figure 4 les deux valeurs :

$$u_{C1} = 4{,}8\ V \text{ et } i_1 = 12\ mA\ .$$

$E_{t1} = \frac{1}{2}C.u_{C1}^2 + \frac{1}{2}L.{i_1}^2$ A.N : $E_{t1} = \frac{1}{2}\times 5.10^{-6}\times 4{,}8^2 + \frac{1}{2}\times 0{,}5\times(12.10^{-3})^2 = 9{,}36.10^{-5}\ J$

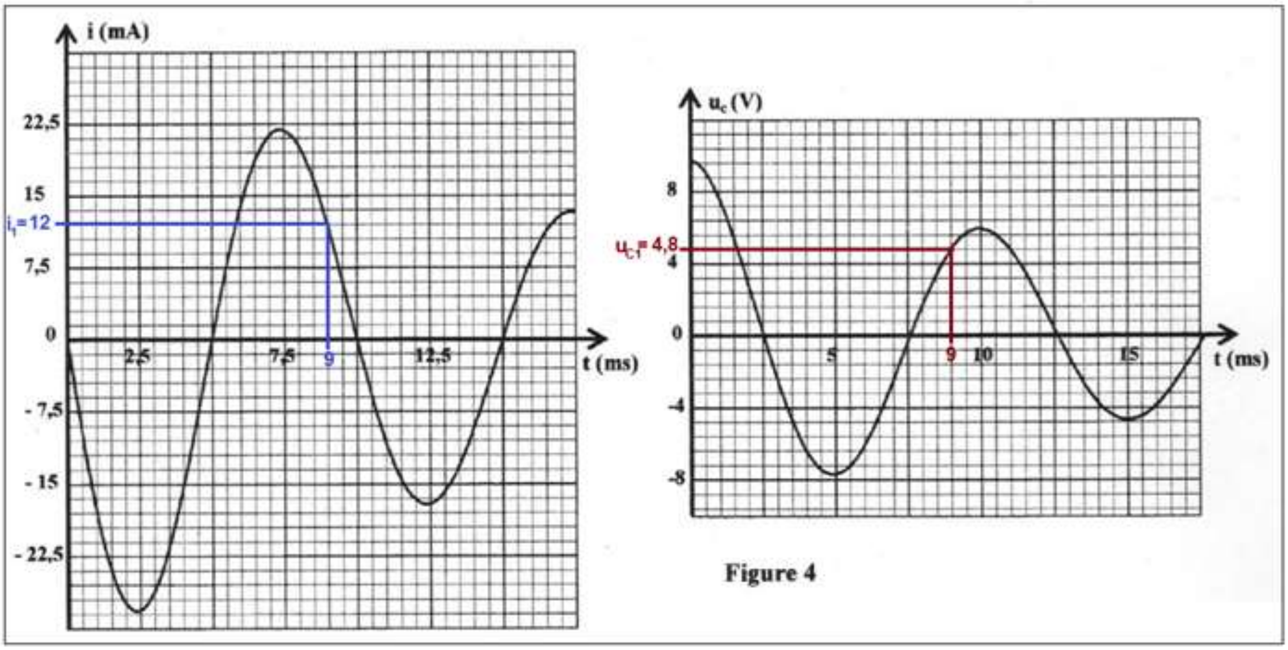


Figure 4

Partie 2- modulation d'amplitude

1. Détermination de F_P et f_m :

L'expression de $u_3(t)$: $u_3(t) = Ku_1(t).u_2(t) = K[U_0 + U_1 cos(2\pi f_1.t)].U_2 cos(2\pi f_2.t)$

$$u_3(t) = K.U_2.[U_1.cos(2\pi f_1.t) + U_0].cos(2\pi f_2.t)$$
$$u_3(t) = 0{,}1[0{,}6.cos(2\pi 10^4.t) + 0{,}8]\ cos(6\pi 10^5.t)$$

On a : $F_P = f_2 = 3.10^5\ Hz$ et $f_m = f_1 = 10^4$ Hz

2. Calcul du taux de modulation m :

$m = \frac{U_1}{U_0}$ Avec : $U_1 = 0{,}6\,V\ \ et\ \ U_0 = 0{,}8\,V$ d'où : $m = \frac{0{,}6}{0{,}8} = 0{,}75$

3. La qualité de modulation :

Pour la modulation soit bonne il faut que les deux conditions soient vérifiées :

$m < 1$ et $F_P \geq 10\,f_m$

$F_P = 3.10^5\ Hz$ et $10\,f_m = 10^5$ Hz donc : $F_P > 10\,f_m$ et puisque $m < 1$

Donc la modulation est bonne.

EXERCICE IV (5,5 points)

Partie 1- Mouvement d'un solide dans le champ de pesanteur

1- Définition de la chute libre :

Un corps est en chute libre s'il est soumis seulement à son poids.

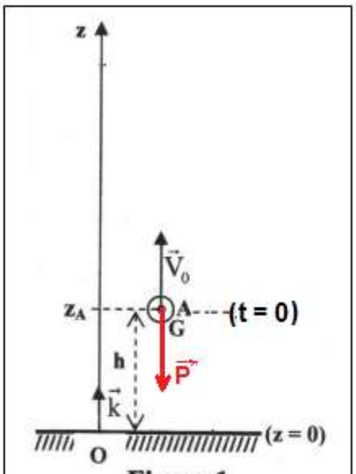


Figure 1

2. Etablissement de l'équation différentielle vérifiée par V_z :

Système étudié : $\{la\ balle\}$

Bilan des forces : $\vec{P}$ poids de la balle

Application de la deuxième loi de Newton : $\vec{P} = m.\vec{a}_G$

$$m.\vec{g} = m.\vec{a}_G \implies \vec{a}_G = \vec{g}$$

Projection sur l'axe Oz : $a_Z = -g$

L'équation différentielle : $\frac{dV_Z}{dt} = -g$

3. Montrons l'équation horaire du mouvement de G :

On a : $\frac{dV_Z}{dt} = -g$ intégration : $V_Z = \frac{dz}{dt} = -g.t + V_0$ intégration :

$$z = -\frac{1}{2}g.t^2 + V_{0z}.t + z_0$$

A t=0 on a : $V_{0z} = V_0$ vitesse initiale et $z_0 = h$ l'équation horaire s'écrit :

$$z = -\frac{1}{2}g.t^2 + V_0.t + h$$

4. L'expression numérique de la vitesse :

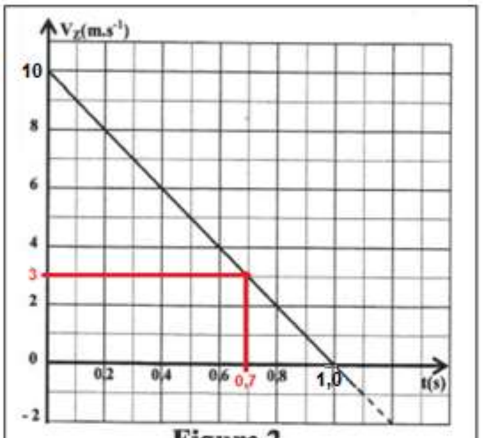


Figure 2

L'équation de la courbe de la figure 2 s'écrit :

$$V_z = a_z.t + V_0$$

$$a_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta t} = \frac{10-0}{0-1} = -10\,m.s^{-2}$$

A t=0 on a : $V_0 = 10\,m.s^{-1}$

$$V_z = -10t + 10$$

5. Montrons que $D = 5{,}75\,m$:

D'après la courbe de la figure 2 quand $V_B = 3\,m.s^{-1}$ on a :

$t_B = 0{,}7\,s.$

On remplace dans l'équation horaire : $z_B = -\frac{1}{2}g.{t_B}^2 + V_0.t_B + h$

A.N : $z_B = D = -\frac{1}{2} \times 10 \times 0{,}7^2 + 10 \times 0{,}7 + 1{,}2 = 5{,}75\,m$

6. Le centre d'inertie G atteint-il le point B ?

Cherchons t_1l'instant ou la vitesse de la balle s'annule

$0 = -10.t_1 + V_0'$ d'où : $t_1 = \frac{V'}{10} = \frac{8}{10} = 0,8\ s$

On remplace dans l'équation horaire : $z_1 = -\frac{1}{2}g.t_1{}^2 + V'_0.t_1 + h$

A.N : $z_1 = d = -\frac{1}{2} \times 10 \times 0,8^2 + 10 \times 0,8 + 1,2 = 4,4\ m$

On constate que $d < D$ la balle n'atteint pas le point B.

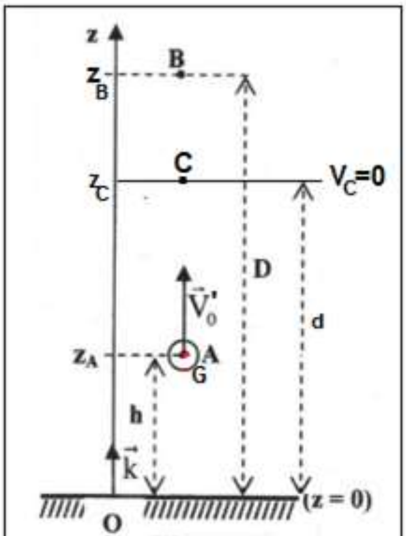


Figure 1

Partie 2- Etude énergétique d'un pendule de torsion

1. Détermination de $E_{pt\ max}$:

A t=0 on a E_{pt} maximale sa valeur est $E_{pt\ max} = 0,05\ J$

Déduction de C :

$E_{pt\ max} = \frac{1}{2}C.\theta_{max}^2$ d'où : $C = \frac{2E_{pt\ max}}{\theta_{max}^2}$ A.N : $C = \frac{2\times0,05}{0,5^2} = 0,4\ N.m.rad^{-1}$

2. Montrons que E_m se conserve :

A t=0 la vitesse du disque est nulle donc : $E_{C0} = 0$ et $E_{pt0} = E_{pt\ max}$

$$E_{pt0} + E_{C0} = E_{pt\ max} = 0,05\ J$$

Puisque $E_m = 0,05\ J$ alors : $E_m = E_{pt} + E_C$

Donc l'énergie mécanique se conserve.

3. Valeur de E_{C1} à $t_1 = 0,3\ s$:

D'après le graphe de la figure 4 à $t_1 = 0,3\ s$ on trouve $E_{pt1} = 0,025\ J$

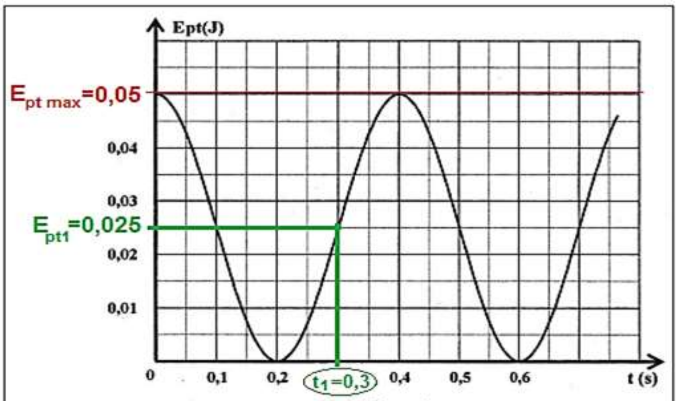


Figure 4

$$E_m = E_{pt1} + E_{C1} \text{ d'où : } E_{C1} = E_m - E_{pt1}$$

A.N : $E_{C1} = 0,05 - 0,025 = 0,025\ J$