

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 : $Ni^{2+}_{(aq)} + Cd_{(s)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)}$

L'expression du quotient de réaction :

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

On a : $Q_{r,i} < K = 4,5 \cdot 10^5$ 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 : $\oplus Ni_{(s)}/Ni^{2+}_{(aq)} \cdots \cdots Cd^{2+}_{(aq)}/Cd_{(s)} \ominus$

3. Equation de la réaction à chaque électrode :

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



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



4. Calcul de la variation Δm pendant Δt :

Tableau d'avancement de la réaction de réduction :

Equation de la réaction		$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ni_{(s)}$			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 :

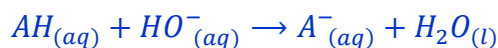
$$\begin{cases} \Delta n(Ni) = x \\ n(e^-) = 2x \end{cases} \Rightarrow \Delta n(Ni) = \frac{n(e^-)}{2} \Rightarrow \frac{\Delta m}{M(Ni)} = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \Rightarrow \Delta m = \frac{I \cdot \Delta t}{2F} \cdot M(Ni)$$

A.N : $\Delta m = \frac{0,3 \times 5 \times 3600}{2 \times 9,65 \cdot 10^4} \times 58,7 \Rightarrow \Delta m = 1,64 \text{ g}$

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 :



2.1. Détermination de la concentration C_A :

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

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

2.2. Montrons la valeur de m :

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

A.N : $m = 10^{-2} \times 180 \times 278 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ g}$

3. Le choix de l'indicateur coloré :

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

D'après 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 : $n_0(C_9H_8O_4) = \frac{0,5}{180} \approx 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,8 \text{ mmol}$

$n_0(HNO_3^{-}) = [HNO_3^{-}]_0 \cdot V = C \cdot V$ A.N : $n_0(HNO_3^{-}) = 0,5 \times 10 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5 \text{ mmol}$

2. Dressage du tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$C_9H_8O_{4(aq)} + HNO_3^{-} \rightarrow C_9H_7O_4^{-}(aq) + CO_2(g) + H_2O_{(l)}$					
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 : $x_{max} = 2,8 \text{ mmol}$

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

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

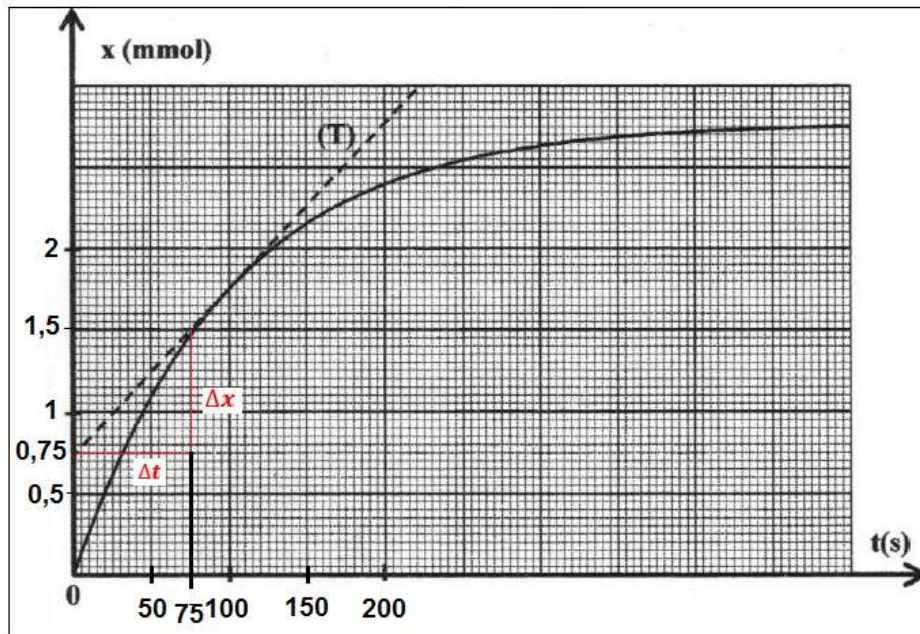
4. Calcul de la vitesse volumique de la réaction à $t=100 \text{ s}$:

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

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

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

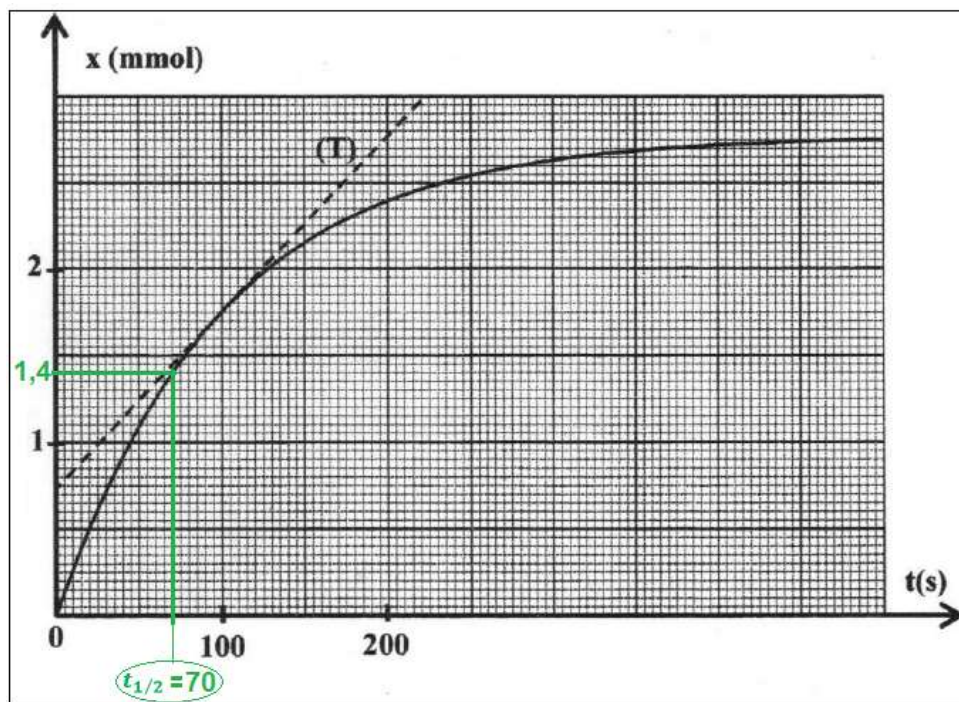
$$v(t) = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{1,5 - 0,75}{75 - 0} \right)_t = 1 \text{ mmol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$



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

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

Graphiquement l'abscisse de l'avancement $1,4 \text{ mmol}$ 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 $\lambda = \frac{a.L}{2D}$:

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

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 :

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

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

4. Comparaison de L_R et L_B :

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

$$\lambda_R > \lambda_B \Rightarrow L_R > L_B$$

EXERCICE III (5 points)

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

I - Etude du dipôle RL

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

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

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

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

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

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

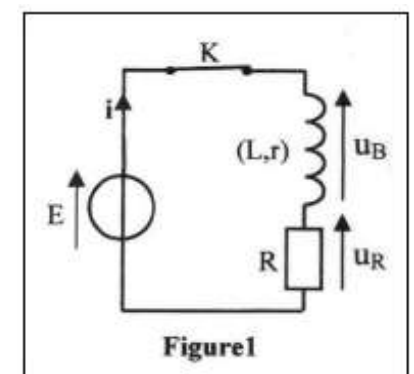
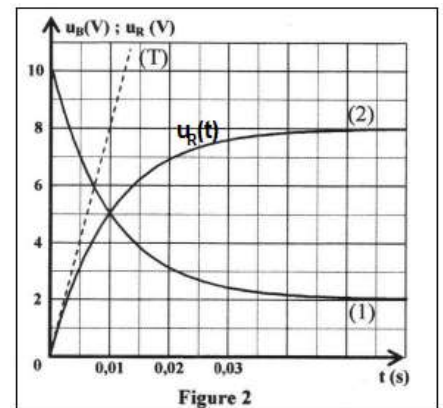
d'où : $\frac{du_R}{dt} = 0$

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

4. Calcul de r :

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

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



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

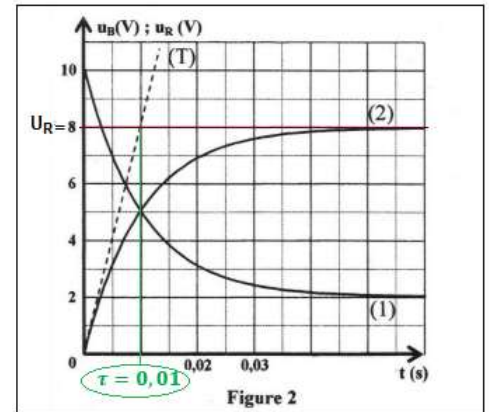
5. La détermination graphique de τ :

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

6. Vérification de la valeur de L :

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

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



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 :

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

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

$$\text{A.N : } C = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 0,5} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \quad \text{d'où : } C = 5 \mu\text{F}$$

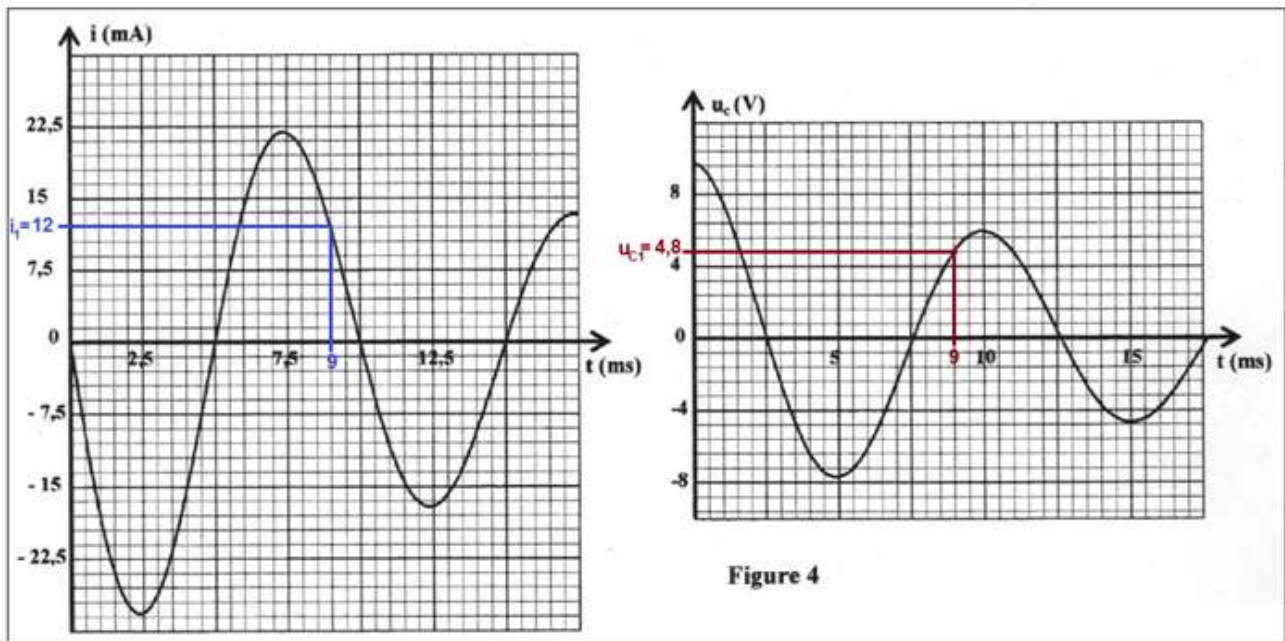
3. Calcul de l'énergie totale E_{t1} à $t_1 = 9 \text{ ms}$:

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

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

$$u_{c1} = 4,8 \text{ V} \text{ et } i_1 = 12 \text{ mA}.$$

$$E_{t1} = \frac{1}{2} C \cdot u_{c1}^2 + \frac{1}{2} L \cdot i_1^2 \quad \text{A.N : } E_{t1} = \frac{1}{2} \times 5 \cdot 10^{-6} \times 4,8^2 + \frac{1}{2} \times 0,5 \times (12 \cdot 10^{-3})^2 = 9,36 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$



Partie 2- modulation d'amplitude

1. Détermination de F_p et f_m :

L'expression de $u_3(t)$: $u_3(t) = K u_1(t) \cdot u_2(t) = K[U_0 + U_1 \cos(2\pi f_1 \cdot t)] \cdot U_2 \cos(2\pi f_2 \cdot t)$

$$u_3(t) = K \cdot U_2 \cdot [U_1 \cdot \cos(2\pi f_1 \cdot t) + U_0] \cdot \cos(2\pi f_2 \cdot t)$$

$$u_3(t) = 0,1[0,6 \cdot \cos(2\pi 10^4 \cdot t) + 0,8] \cos(6\pi 10^5 \cdot t)$$

On a :

$$F_p = f_2 = 3 \cdot 10^5 \text{ Hz} \text{ et } f_m = f_1 = 10^4 \text{ Hz}$$

2. Calcul du taux de modulation m :

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

3. La qualité de modulation :

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

$$m < 1 \text{ et } F_p \geq 10 f_m$$

$$F_p = 3.10^5 \text{ Hz et } 10 f_m = 10^5 \text{ Hz donc : } F_p > 10 f_m \text{ et puisque } m < 1$$

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.

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 : $\vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$

$$m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}_G \Rightarrow \vec{a}_G = \vec{g}$$

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 : $V_z = \frac{dz}{dt} = -g \cdot t + V_0$ intégration :

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

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

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

4. L'expression numérique de la vitesse :

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

$$V_z = a_z \cdot t + V_0$$

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

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

$$V_z = -10t + 10$$

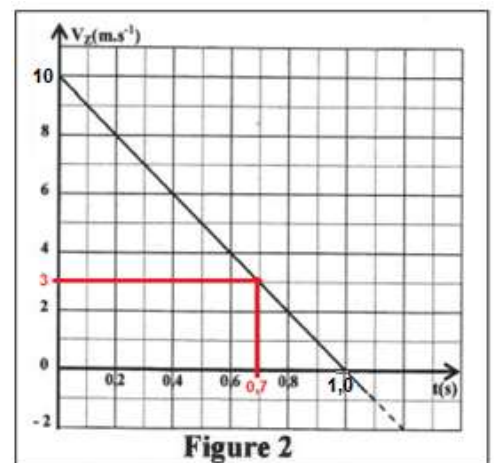
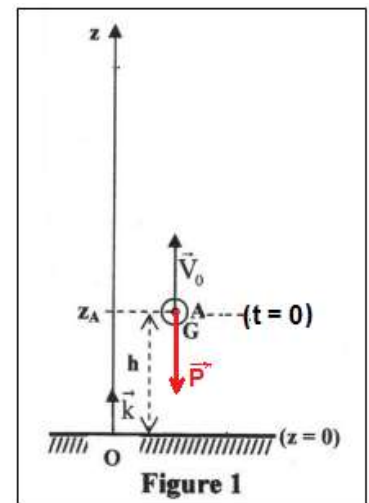
5. Montrons que $D = 5,75 \text{ m}$:

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

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

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

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



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

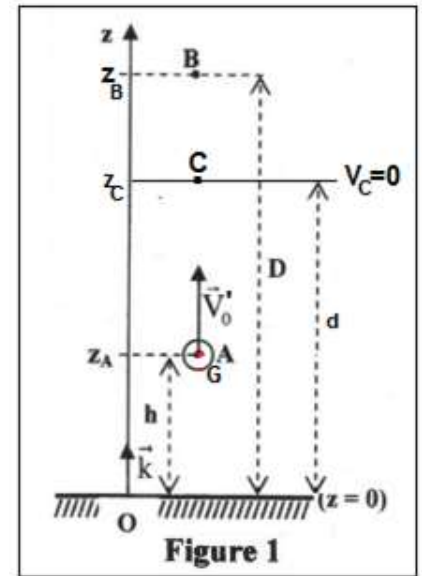
Cherchons t_1 l'instant où la vitesse de la balle s'annule

$$0 = -10 \cdot t_1 + V'_0 \quad \text{d'où :} \quad t_1 = \frac{V'_0}{10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ s}$$

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

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

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



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 $E_{pt \max} = 0,05 \text{ J}$

Déduction de C :

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

2. Montrons que E_m se conserve :

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

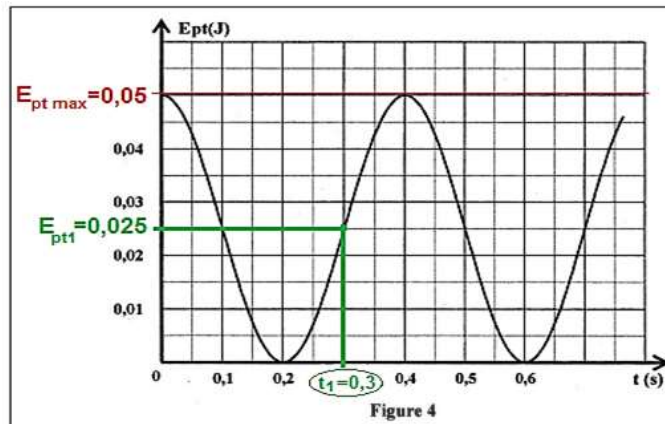
$$E_{pt0} + E_{C0} = E_{pt \max} = 0,05 \text{ J}$$

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

Donc l'énergie mécanique se conserve.

3. Valeur de E_{C1} à $t_1 = 0,3 \text{ s}$:

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



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

A.N :

$$E_{C1} = 0,05 - 0,025 = 0,025 \text{ J}$$