

Chimie (7 points)

Les applications pratiques de la chimie sont nombreuses dans les domaines industriel et agricole. Parmi ces applications on trouve la synthèse des produits agroalimentaires, le contrôle de qualité, l'amélioration du rendement et la production d'énergie électrique.

Ce sujet se compose de deux parties indépendantes et vise:

- l'étude du contrôle de la fraîcheur d'un lait;
- la détermination de la durée de fonctionnement d'une pile.

Partie 1 (5 points) : Fraîcheur d'un lait

Le lait de vache est un liquide biologique constitué d'eau, du lactose et des matières grasses. Il renferme aussi les vitamines A et D et des ions minéraux : calcium, sodium, potassium, magnésium, chlorure ...

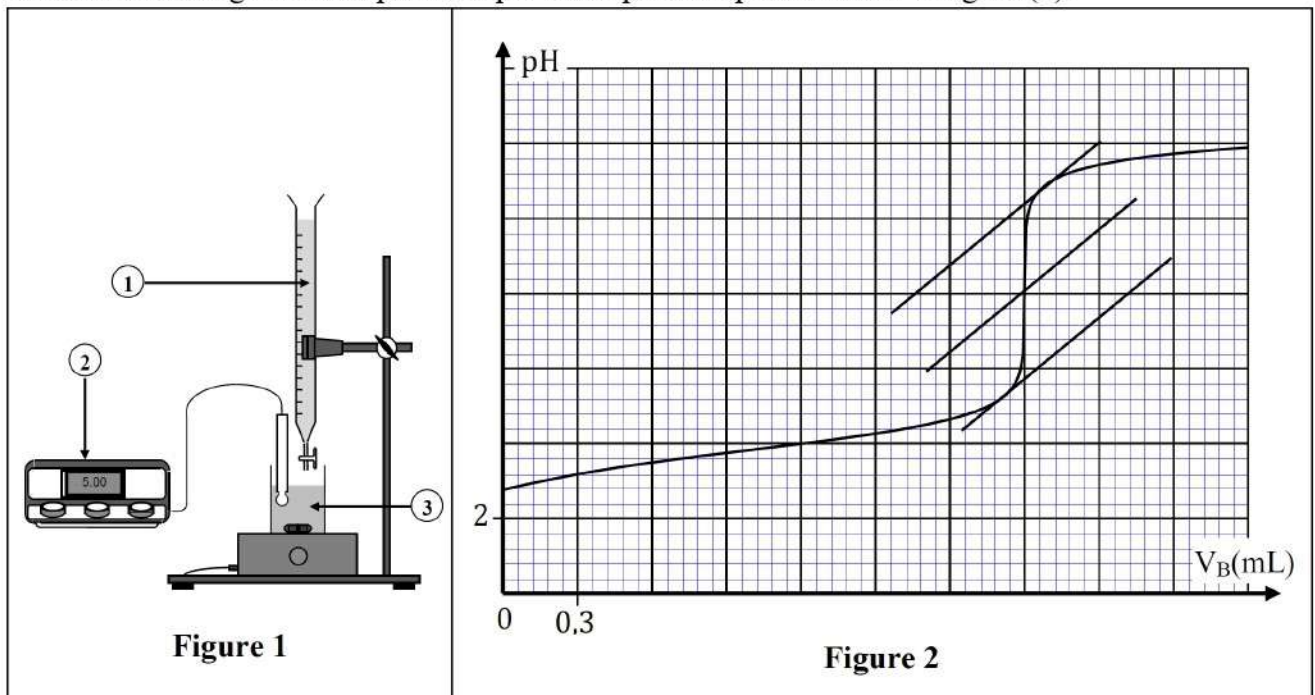
Dans le lait, les bactéries provoquent, au cours du temps, la transformation d'une partie du lactose en acide lactique $C_3H_6O_3$.

L'industrie laitière utilise le degré Dornic pour évaluer l'acidité d'un lait. Un degré Dornic ($1^\circ D$) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

Cette partie a pour but de déterminer l'état de fraîcheur d'un lait.

Un technicien dose l'acidité d'un lait selon la méthode Dornic. Il prélève un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de lait, y ajoute deux gouttes de phénolphthaléine et verse progressivement une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ de concentration molaire $C_B = 0,111 \text{ mol.L}^{-1}$ en agitant le mélange, jusqu'à obtenir une couleur rose pâle.

Ce dosage peut être suivi par pH-métrie, le montage expérimental utilisé est représenté sur la figure (1). La courbe de titrage obtenue par suivi pH-métrique est représentée sur la figure (2).

**Données :**

- On admettra que l'acidité du lait est uniquement due à l'acide lactique.
- $\text{pK}_A (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(\text{aq})} / \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-_{(\text{aq})}) = 3,9$ à 25°C
- $M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = 90,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Barème

- Couleurs et zone de virage des indicateurs colorés acido-basiques usuels :

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	rouge	$3,1 < \text{pH} < 4,4$	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	$6,0 < \text{pH} < 7,6$	bleu
Phénolphthaléine	incolore	$8,0 < \text{pH} < 10$	rosé

- 0,75 1- Nommer les différents éléments numérotés sur le montage expérimental de la figure (1).
- 0,5 2- Écrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide lactique $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(\text{aq})}$ et les ions hydroxydes $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ au cours du dosage, sachant qu'elle est totale.
- 0,5 3- Déterminer les coordonnées (V_{BE} , pH_E) du point d'équivalence acido-basique.
- 0,25 4- Justifier le choix de la phénolphthaléine comme indicateur coloré de fin de réaction.
- 0,5 5- Déterminer la valeur de la concentration molaire C_A de l'acide lactique dans le lait.
- 0,75 6- Pour être considéré comme frais, un lait doit avoir une acidité inférieure ou égale à 18°D (c'est-à-dire qu'un litre de ce lait contient une masse d'acide lactique inférieure ou égale à 1,8 g).
Le lait dosé est-il frais ? Justifier votre réponse.
- 1 7- Etant donnée la transformation, au cours du temps, d'une partie du lactose en acide lactique, sur quel facteur cinétique peut-on agir et comment afin d'augmenter la durée de la fraîcheur d'un lait ?
- 8- Le lait étudié a un pH initial noté pH_0 .
- 0,25 8-1- Relever à partir de la courbe de titrage la valeur de pH_0 .
- 0,5 8-2- Dresser le diagramme de prédominance des espèces du couple $(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(\text{aq})} / \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-_{(\text{aq})})$, et préciser l'espèce prédominante dans le lait.

Partie 2 (2 points) : Durée de fonctionnement d'une pile

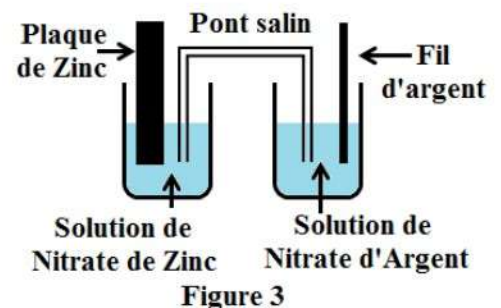
Une pile est conçue pour alimenter des circuits électriques, elle met en jeu des transformations chimiques afin de récupérer de l'énergie électrique.

Cette partie a pour but de déterminer la durée de fonctionnement d'une pile.

On réalise la pile zinc-argent schématisée sur la figure (3). On relie les électrodes de la pile à un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre et on observe le passage d'un courant électrique dans le circuit extérieur de la pile.

Données :

- Couples mis en jeu: $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Zn}_{(\text{s})}$; $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} / \text{Ag}_{(\text{s})}$;
- Les deux solutions ont même concentration molaire $C_0 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ et même volume $V_0 = 100 \text{ mL}$;
- La masse initiale de l'électrode de zinc est $m_0(\text{Zn}) = 2,0 \text{ g}$;
- $1\text{F} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$; $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$
- La constante d'équilibre associée à l'équation $\text{Zn}_{(\text{s})} + 2\text{Ag}^+_{(\text{aq})} \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{Ag}_{(\text{s})}$ est $K = 10^{52}$



- 0,5 1- Calculer la valeur du quotient de la réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial du système chimique. Prévoir le sens d'évolution spontané de ce système.
- 0,5 2- En déduire les polarités des électrodes. Justifier votre réponse.
- 0,5 3- Déterminer le réactif limitant.
- 0,5 4- La pile débite un courant continu d'intensité constante $I = 0,15 \text{ A}$ et s'épuise après une longue durée Δt . Calculer la valeur de Δt .

Physique (13 points)

Exercice 1(1 point) : Application des ondes ultrasonores

Actuellement certaines voitures sont équipées de plusieurs capteurs tels que les capteurs ultrasons et les capteurs LASER. Ces capteurs servent à faciliter le contrôle de son environnement proche qui peut atteindre une distance de 2m.

Cet exercice a pour objectifs d'étudier d'une application des ondes ultrasonores.

Une voiture est équipée d'un système comportant un émetteur (E) et un récepteur (R) d'ultrasons placés côte à côte à l'arrière du véhicule. Lors d'un stationnement, l'émetteur (E) envoie des ultrasons sous forme de salves. Ces ultrasons sont captés par le récepteur (R) après réflexion sur un obstacle situé à la distance d de (E).

Donnée : Vitesse de propagation des ultrasons dans l'air:

$$v_0 = 340 \text{ ms}^{-1}$$

L'oscillogramme ci-contre donne le signal émis par l'émetteur (E) et le signal réfléchi par le récepteur (R).

0,25 1- Déterminer graphiquement la durée τ entre le signal émis et le signal reçu.

0,5 2- Calculer la distance d qui sépare l'obstacle de l'émetteur (E).

0,25 3- On considère un point M du milieu de propagation qui se trouve à la distance $EM = \frac{d}{2}$ de l'émetteur (E).

Recopier sur votre copie le numéro de la question et écrire la lettre correspondante à la proposition vraie :

L'élongation $y_M(t)$ de M en fonction de l'élongation de l'émetteur (E) est:

a	$y_M(t) = y_E(t - \tau)$	b	$y_M(t) = y_E(t - \frac{\tau}{2})$	c	$y_M(t) = y_E(t - \frac{\tau}{4})$	d	$y_M(t) = y_E(t - 2\tau)$
---	--------------------------	---	------------------------------------	---	------------------------------------	---	---------------------------

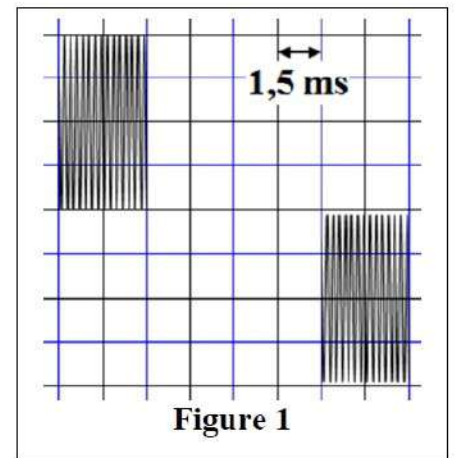


Figure 1

Exercice 2(2 points) : Désintégration du noyau du radium 226

À la fin du XIX^{ème} siècle, Pierre et Marie Curie découvrent deux éléments chimiques ; le polonium puis le radium.

Le noyau radium 226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$) se désintègre spontanément en donnant le noyau de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ et une particule α .

Données :

Noyau	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	^4_2He
Masse en u	225,9791	221,9703	4,00150

- Unité de masse atomique : $1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Masse molaire du radium 226 : $M = 226,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

0,25 1- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration du radium 226.

0,75 2- Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radium 226.

1 3- L'activité d'un gramme de radium 226 est égale à $A = 3,70 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 1 \text{ Curie}$. Calculer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du radium 226.

Exercice 3(5 points) : Application des ondes ultrasonores

Beaucoup d'appareils électriques contiennent des circuits qui se composent de condensateurs, de bobines, de conducteurs ohmiques ... La fonction de ces composantes varie selon leurs domaines d'utilisation et la façon dont elles sont montées dans les circuits.

Cet exercice a pour objectifs :

- de vérifier les caractéristiques d'une bobine (b) et de l'utiliser dans un circuit RLC série.
- d'étudier la modulation d'amplitude.

I- Détermination des caractéristiques d'une bobine

On réalise le montage expérimental représenté sur la figure 1 comprenant :

- Une bobine (b) d'inductance L et de résistance r ;
- Un conducteur ohmique (D) de résistance R ;
- Un générateur de tension (G) de force électromotrice E ;
- Un ampèremètre (A) de résistance négligeable ;
- Un interrupteur K.

A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K, et on visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire les variations de la tension $u_{PQ}(t)$ entre les pôles du générateur (G) et de la tension $u_R(t)$ entre les bornes du conducteur ohmique (D). On obtient les courbes ① et ② représentées sur la figure 2.

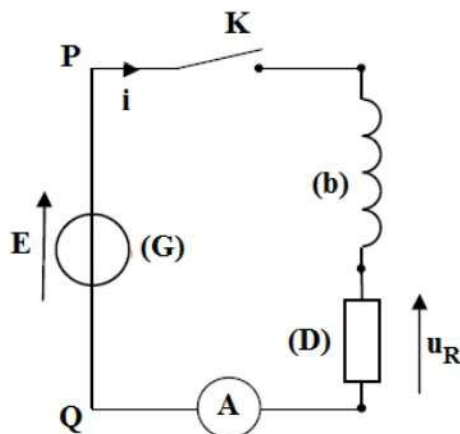


Figure 1

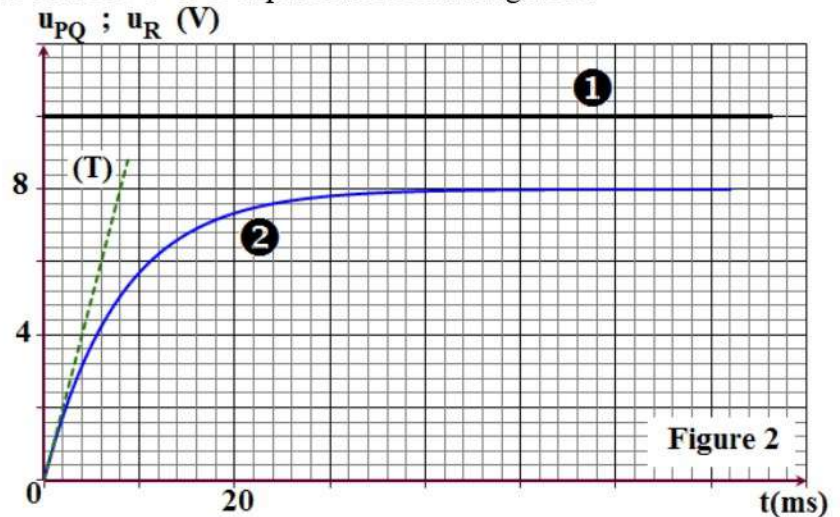


Figure 2

La droite (T) représente la tangente à la courbe ② à l'instant $t=0$.

Dans le régime permanent, l'ampèremètre (A) indique la valeur $I = 0,2A$.

- 0,5 1- Montrer que l'équation différentielle que vérifie la tension u_R s'écrit sous la forme :

$$L \cdot \frac{du_R}{dt} + (R + r) \cdot u_R - E \cdot R = 0$$

- 0,5 2- Sachant que la solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme $u_R = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, trouver l'expression des constantes U_0 et τ en fonction des paramètres du circuit.

- 0,75 3- Trouver l'expression de la résistance r de la bobine (b) en fonction de E, I et U_0 . Calculer la valeur de r.

- 0,5 4- Déterminer graphiquement la valeur numérique de τ et vérifier que la valeur de l'inductance L de la bobine est $L=0,4H$

II- Etude du dipôle RLC

On réalise le montage représenté sur la figure 3 qui comprend une bobine (b), le générateur (G) de force électromotrice E, un condensateur de capacité C, un conducteur ohmique de résistance $R' = 10\Omega$ et un interrupteur K.

Barème

Après avoir chargé totalement le condensateur, on bascule l'interrupteur K à la position 2 à l'instant $t = 0$ et on visualise à l'aide d'un oscilloscope à mémoire les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps. On obtient l'oscillogramme représenté sur la figure 4.

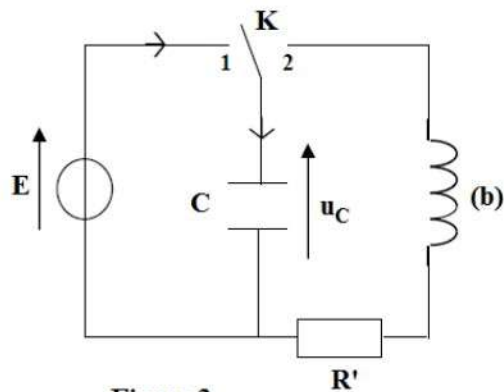


Figure 3

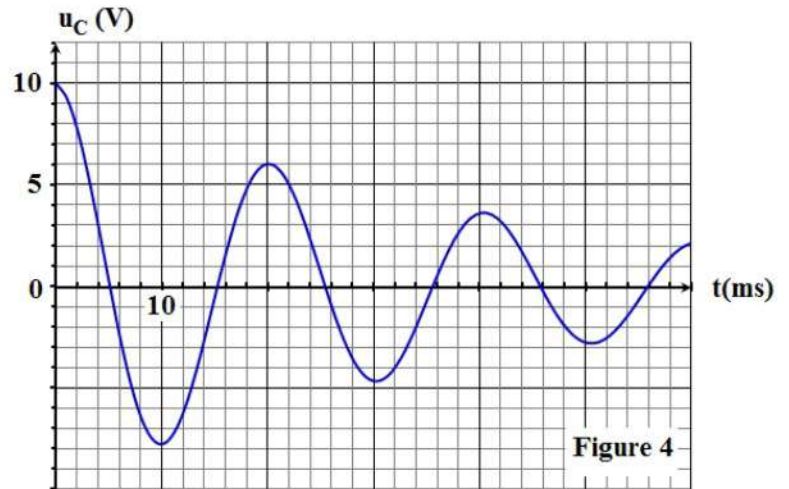


Figure 4

- 0,25 1- Donner le nom du régime associé à la courbe de la figure 4.
 0,25 2- Déterminer graphiquement la pseudo-période T.
 0,5 3- On suppose que la pseudo-période est égale à la période propre T_0 de l'oscillateur électrique. Déduire la valeur de la capacité C du condensateur

III - Etude de la modulation d'amplitude

Afin d'obtenir un signal modulé en amplitude, on utilise un circuit intégré multiplieur X (fig.6).

On applique à l'entrée :

- E_1 : la tension $u_1(t) = s(t) + U_0$ avec $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi f_s t)$ représentant le signal informatif et U_0 une composante continue de la tension.

- E_2 : une tension sinusoïdale représentant la porteuse $u_2(t) = U_m \cdot \cos(2\pi F_p t)$.

La tension de sortie $u_s(t)$ obtenue est $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$; k est une constante qui dépend du circuit intégré X.

Rappel: $2\cos(a) \cdot \cos(b) = \cos(a+b) + \cos(a-b)$

- 1 1- Montrer que $u_s(t)$ s'écrit sous la forme :

$$u_s(t) = \frac{A \cdot m}{2} \cdot \cos(2\pi f_1 t) + A \cdot \cos(2\pi f_2 t) + \frac{A \cdot m}{2} \cdot \cos(2\pi f_3 t)$$

où m est le taux de modulation et A une constante.

- 0,75 2- La figure 7 représente le spectre de fréquences formé de trois raies de la tension modulée $u_s(t)$. Déterminer m et la fréquence f_s . La modulation est-elle bonne ?

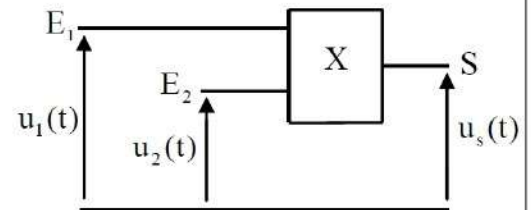


Figure 6

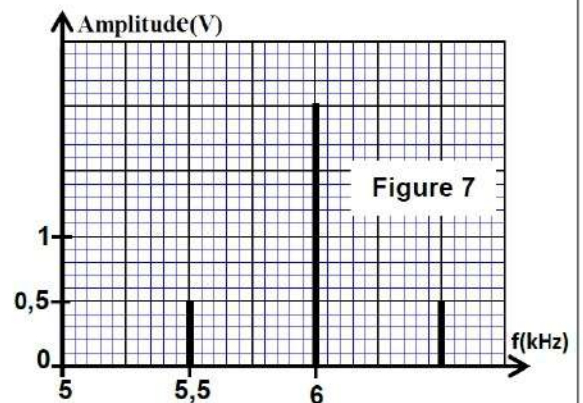


Figure 7

Exercice 4(5 points) : Etude du mouvement d'un pendule pesant

Un pendule pesant, de centre d'inertie G et de masse m, constitué d'une tige et d'un corps solide (S). Ce pendule peut effectuer un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal (D) fixe passant par l'extrémité O de la tige (figure 1).

On désigne par J_Δ le moment d'inertie du pendule pesant par rapport à l'axe (Δ) et par L la distance séparant G de l'axe (Δ)

Barème

Données :

- $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$; $m = 400 \text{ g}$; $L = 50 \text{ cm}$
- Pour les oscillations de faible amplitude on prendra : $\sin(\theta) \approx \theta$ et $1 - \cos(\theta) \approx \frac{\theta^2}{2}$ avec θ en radian.
- $\pi^2 \approx 10$

On écarte le pendule de sa position d'équilibre stable, dans le sens positif, d'un angle θ_m très petit, puis on le lâche sans vitesse initiale à l'instant $t = 0$.

A chaque instant, la position du pendule est repérée par son abscisse angulaire θ . On néglige les frottements et on travaille dans l'approximation de faibles oscillations

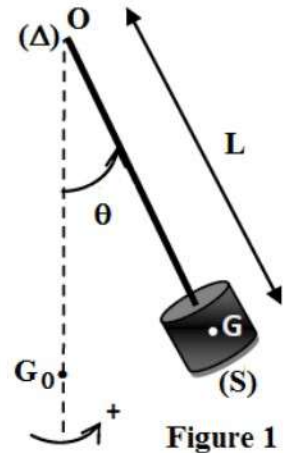


Figure 1

I- Etude dynamique :

- 1- Trouver en appliquant la relation fondamentale de la dynamique, l'équation différentielle du mouvement du pendule pesant.
- 2- Trouver l'expression de la période propre T_0 de ce pendule en fonction de m , g , L et J_Δ pour que la solution de l'équation différentielle s'écrit sous la forme $\theta(t) = \theta_m \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi)$.
- 3- Vérifier par une analyse dimensionnelle que l'expression de T_0 a la dimension du temps.
- 4- Sachant que la valeur de la période propre est $T_0 \approx 0,7 \text{ s}$. Calculer J_Δ .

II- Etude énergétique

On choisit le plan horizontal passant par le point G_0 , position de G à l'équilibre stable, comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp}(\theta = 0) = 0$.

La figure 2 représente le diagramme d'énergie du pendule étudié.

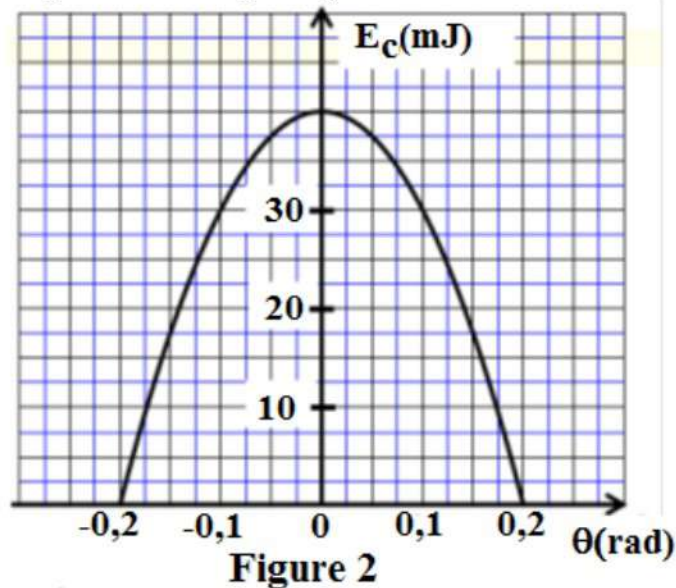


Figure 2

- 1- Déterminer la valeur de :
 - 1-1- L'abscisse angulaire maximale θ_m .
 - 1-2- L'énergie mécanique E_m du pendule.
- 2- Calculer les deux abscisses angulaires θ_1 et θ_2 pour lesquelles l'énergie potentielle est égale l'énergie cinétique.