Classe : SG
Matière: Physique

Exercice I: Effet d'amortissement sur les oscillations d'un pendule. Résonance.

On place un solide de fer (M) de masse $m = 500g$ sur une table horizontale. On accroche le solide à une extrémité d'un ressort de raideur $k = 2N/m$ et de masse négligeable, et l'autre extrémité du ressort est fixée au bord de la table. A l'équilibre le centre de gravité G_0 de (M) est en O considéré comme origine des abscisses. La position de centre de gravité G de (M) est repérée par rapport à O par $\overrightarrow{OG} = x \times \vec{i}$
Le plan horizontal passant par G est pris comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

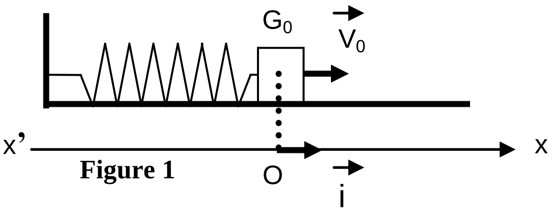


Figure 1

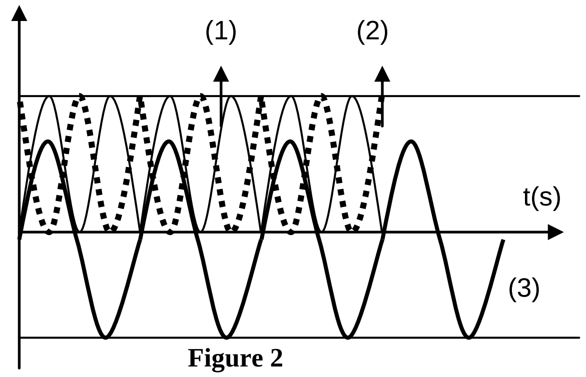


Figure 2

A- Dans cette partie on néglige la force de frottement.

à $t_0 = 0$, On lance (M), à la vitesse $\vec{V}_0 = 0.1 \times \vec{i}$ (V_0 en m/s)

1- Déterminer l'énergie mécanique du système S formé par ((M), ressort, Terre), à l'instant t en fonction de v et de x (v est la mesure algébrique de la vitesse de (M) à l'instant t, x est la position de (M) à l'instant t)
2- Etablir l'équation différentielle de mouvement, en déduire la valeur de la période propre d'oscillations de (M).
3- Ecrire l'équation horaire de mouvement.
4- La figure 2 représente les variations, en fonction du temps, de l'abscisse x, de l'énergie cinétique E_C et de l'énergie potentielle élastique du système S. Identifier en justifiant les courbes 1, 2 3.

B- Dans cette partie on suppose que la force de frottement n'est pas négligeable.

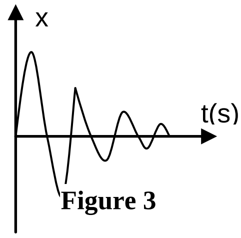
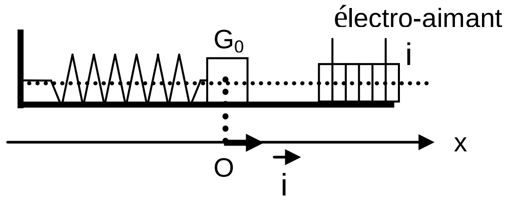


Figure 3

On lance (M), à partir de G_0 à la vitesse $\vec{V}_0 = 0.1 \times \vec{i}$ à $t_0 = 0$,

1- Calculer à $t_0 = 0$, l'énergie mécanique du système.
2- La figure 3 représente la variation de l'abscisse x en fonction du temps, de centre d'inertie G de (M).
   a- De quel type d'oscillations s'agit-il ? Justifier
   b- Le solide (M) s'arrête en G_0 à la fin de la cinquième oscillation.
      Calculer le travail de la force de frottement entre l'instant $t_0 = 0$ et l'instant où (M) vient s'arrêter en G_0
   c- Calculer l'énergie moyenne fournie au système S par une période, pour entretenir son amplitude.

C- Dans cette partie on néglige la force de frottement.

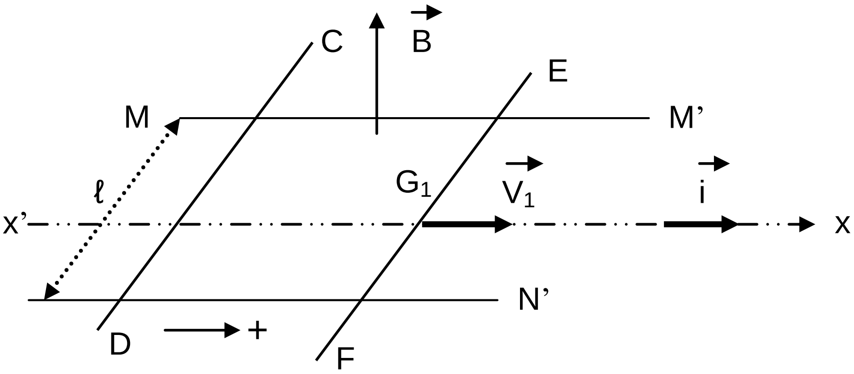


Le centre de gravité G de (M) est ramené en G_0. Un électroaimant (E) est placé sur $x'x$ en face de (M). Quand un courant alternatif d'intensité $i = I_m \sin(2\pi ft)$ passe par (E), on observe que (M) commence à osciller de part et d'autre de G_0.

1- De quel type d'oscillations s'agit-il ?

2- Quel phénomène physique peut-on observer lorsqu'on fait varier la fréquence f de l'intensité du courant ? Pour quelle valeur de f observe-t-on ce phénomène ?

Exercice II : Induction électromagnétique



On dispose de deux tiges conductrices CD et EF et on les place perpendiculairement sur deux glissières conductrices MM' et NN', parallèles et situées dans un même plan horizontal. MM' et NN' sont séparés par une distance ℓ. Voir la figure ci-contre. Le dispositif ainsi formé est placé dans un champ magnétique uniforme de vecteur induction $\vec{B}$ de direction verticale. On suppose que R est la résistance équivalente du circuit fermé quelque soit les positions de CD et EF.

A- La tige CD est maintenue fixe et on communique à la tige EF une vitesse constante $\vec{V}_1 = V_1 \times \vec{i}$ de façon que le centre G_1 de EF reste sur $x'x$ et EF reste aussi perpendiculaire aux glissières MM' et NN'.

1- Justifier l'existence du courant induit dans le circuit.

2- Déterminer, en respectant le sens positif choisi sur le circuit, l'expression instantanée du flux magnétique de $\vec{B}$ à travers ce circuit sachant qu'à $t_0 = 0$ la tige EF est confondue avec CD.

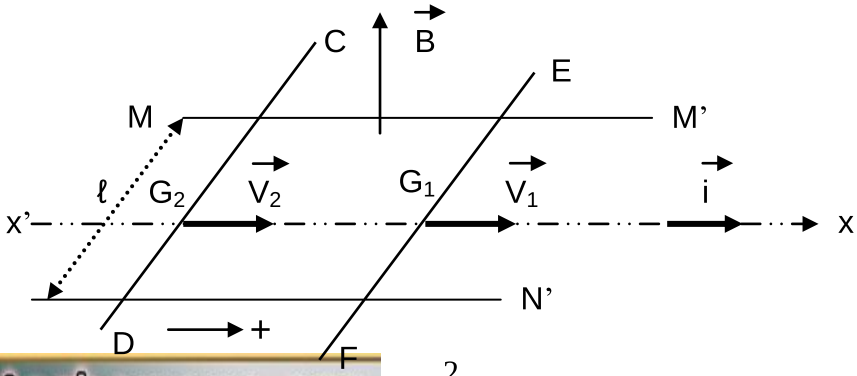
3- Etablir, en fonction de B, ℓ et V_1 l'expression de la force électromotrice induite e.

4- a- Déduire en fonction de B, ℓ, V_1 et R, l'expression de l'intensité du courant induit i

b- Préciser le sens du courant induit dans EF.

c- Montrer que le sens de ce courant est en accord avec la loi de Lenz.

B- Dans cette partie on communique aux deux tiges EF et CD respectivement les vitesses $\vec{V}_1 = V_1 \times \vec{i}$ et $\vec{V}_2 = V_2 \times \vec{i}$ de façon que CD et EF restent perpendiculaires aux glissières MM' et NN' et que leurs centres de gravités se déplacent sur $x'x$. ($V_1 > V_2$).



1- Déterminer, en fonction de B, ℓ, V_1 et V_2, l'expression de la nouvelle force électromotrice induite e_1.

2- Déduire en fonction de B, ℓ, V_1, V_2 et R, l'expression de la nouvelle intensité du courant induit i_1

3- Calculer e_1 et i_1 dans chacun des cas cités ci-dessous :

a- $R = 0.05\Omega \quad V_1 = 0.5 m/s \quad V_2 = 0 m/s \quad B = 0.2T \quad \ell = 10cm$

b- $R = 0.05\Omega \quad V_1 = 0.5 m/s \quad V_2 = 0.5 m/s \quad B = 0.2T \quad \ell = 10cm$

c- $R = 0.05\Omega \quad V_1 = 0.5 m/s \quad V_2 = 0.25 m/s \quad B = 0.2T \quad \ell = 10cm$

Exercice III : Circuit (R, L, C)

Pour mesurer la résistance r et l'inductance L d'une bobine on réalise le montage suivant (Figure 1). Sur l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes représentés sur la figue (2), pour le réglage suivant : base de temps 50 µs/div.

Sensibilité verticale : voie 1 : 2V/div ; voie 2 : 250 mV/div

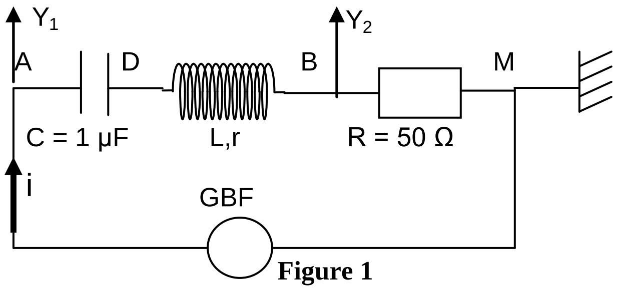


Figure 1

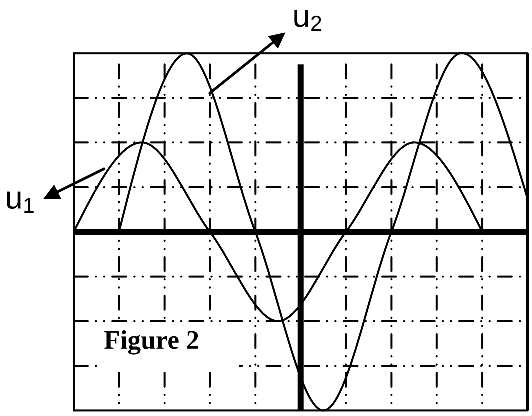


Figure 2

1- Quelle tension visualise, sur la voie 1, et sur la voie 2 ?

2- Déterminer la fréquence de la tension délivrée par le générateur ainsi que la pulsation ω.

3- La tension u_1 est-elle en avance ou en retard de phase sur u_2 ? Calculer le déphasage entre la tension du générateur et l'intensité du courant i (t)

4- Déterminer les tensions maximales U_{1m} et U_{2m} respectivement aux bornes du générateur et du conducteur ohmique R.

5- Sachant que la tension délivrée par le générateur est donnée par : $u_g = U_{1m} \cos \omega t$,
Déterminer l'expression littérale en fonction du temps :

a- De l'intensité i (t) du courant électrique.

b- De la tension u_R (t) aux bornes de R.

c- De la tension u_B (t) aux bornes de la bobine.

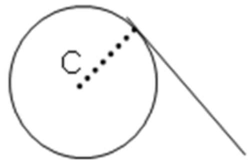
d- De la tension u_C (t) aux bornes du condensateur.

6- En appliquant la loi d'additivité des tensions aux circuit et en utilisant deux valeurs particulières pour ωt (Pour $\omega t = \frac{\pi}{3} rads$ et $\omega t = \frac{5\pi}{6} rads$). Déterminer L et r ?

Exercice IV : On considère un disque (D), de masse m=3,2 kg et de rayon r=5 cm.

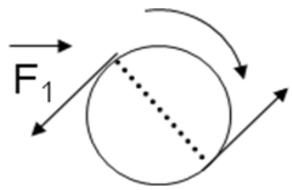
A- Première expérience :

Dans une première expèrience, le disque peut tourner, sans frottement, dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son centre c.



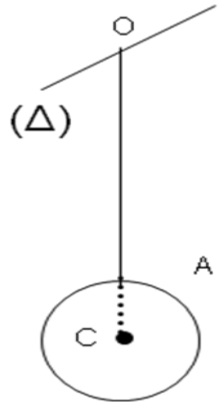
a- Sur la périphérie de (D), on enroule un fil très fin et de masse négligeable. On tire sur l'extrémité libre du fil avec une force $\vec{F}$, tangentiellement à la circonférence de (D), pendant 2 sec. Le disque tourne alors à raison de 8 tours/ sec.
Moment d'inertie de (D)/Δ est $I_0 = \frac{m r^2}{2}$. Prendre $\pi . 3{,}2 = 10$.

1) En appliquant le théorème du moment cinétique, étudier la nature du mouvement de (D) pendant les 2 sec.
2) Calculer la valeur de $\vec{F}$.



b- A partir de $t_1 = 2\,sec$, on élimine $\vec{F}$ et on applique au disque un couple de freinage de moment M=-2m×N. En applicant le théorème de moment cinétique, calculer l'intervalle de temps Δt que prend le disque pour s'arrêter.

B- **<u>Deuxième expérience :</u>** Dans une deuxième expérience, le disque est solidaire à une tige métallique OA de longueur L=OA=40 cm et de masse m'=800 g. O, A et C sont alignés. Le système obtenu est un pendule pesant qui peut osciller, sans frottement, dans un plan vertical, autour de l'axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité O de la tige.
Le moment cinétique du pendule / Δ *est supposé* $I = 1\,kg \times m^2$.



a- Montrer que le centre de gravité du pendule pesant est confondu avec le point A.

b- Montrer que, pour des faibles angles, le mouvement du pendule est harmonique simple. Calculer alors sa période propre T_0. Le plan horizontal passant par A est la référence de l'Epp.

c- Maintenant le pendule est à la position d'équilibre. On écarte ce pendule d'un angle de 60^0 par rapport à la position d'équilibre puis on le lâche sans vitesse. Calculer la vitesse angulaire Θ' du pendule au passage par la position d'équilibre. Calculer alors la vitesse linéaire v du centre de gravité.

Classe : SG	Matière: Physique

Barème

Corrigé I

A-1- $E_m = E_C + E_{Pe} + E_{PP} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + 0$

2- frottement négligeable, $E_m = constante \rightarrow E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = constante$

$\frac{dE_m}{dt} = 0 = x'' + \frac{k}{m}x$ équation différentielle, a une forme générale : $x'' + \omega_0^2 x = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

La solution de l'équation différentielle : $x = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$

La période propre : $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 3.14\,\text{sec}$

3- On a $x = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ = 2rds/sec

Conservation de l'énergie mécanique : $E_m(0) = E_m(x_m) \rightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 + 0 = \frac{1}{2}kx_m^2 + 0 \rightarrow x_m = 0.16m$

Pour $t = 0 \rightarrow x = 0 \rightarrow \sin\varphi = 0 \rightarrow \varphi = 0$ ou $\varphi = \pi$ comme $v > 0$ à $t = 0 \rightarrow \varphi = 0$

L'équation : $x = 0.16\sin(2t)$

4- La courbe (3) représente $x(t)$ car $x(t)$ varie entre x_m et - x_m

La courbe (2) représente E_C (pour $t = 0$ $v \neq 0$ $E_C \neq 0$, La courbe (3) représente E_{Pe}

B- a- Pseudo-périodique

b-A l'instant $t = 0 \rightarrow E_{m0} = E_{C0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = 0.025J$ à l'instant $t = 5T \rightarrow E_{mf} = 0$

$W_{\vec{f}} = E_{mf} - E_{m0} = 0 - 0.025 = -0.025J$

c- Pour entretenir le mouvement il faut donner à l'oscillateur un travail supplémentaire de 0.025 J

Pendant $5T$ alors l'énergie moyenne par une période : $W' = \frac{0.025}{5\times T} = \frac{0.025}{5\times 3.14} = 0.0016J$

C- 1- Oscillation forcée

2- Résonance. Elle est obtenue pour $f_1 = f_2 = \dfrac{1}{T_0} = 0.318 Hz$

Corrigé II

A- 1- Quand EF se déplace, la surface S du circuit varie, le flux magnétique varie, on a une f é m d'induction et comme le circuit est fermé on a le passage d'un courant induit.

2- $\phi = BS\cos(\vec{B},\vec{n}) = B(\ell \times x)$ or $x = vt \rightarrow \phi = B\ell vt$

3- D'après Faraday : $e = -\dfrac{d\phi}{dt} \rightarrow e = -B\ell v_1$

4- a- D'après la loi de Pouillet : $i = \dfrac{e}{R} = \dfrac{-B\ell v_1}{R}$

b- i est négatif, dans le sens des aiguilles d'une montre, alors i passe de E vers F dans EF.

c- D'après la loi de Lenz, le courant induit s'oppose à l'augmentation de flux, i doit créer un champ magnétique induit dans le sens opposé à, donc le courant circule dans EF de E vers F.
Le résultat est en accorde avec la réponse précédente.

B- 1- $\phi = BS\cos(\vec{B},\vec{n}) = B\left[\ell(x_1 - x_2)\right] = B\ell(v_1 - v_2)t$

$$e_1 = -\frac{d\phi}{dt} = -B\ell(v_1 - v_2)$$

2- $i_1 = \dfrac{e_1}{R} = \dfrac{-B\ell(v_1 - v_2)}{R}$

3- a- $e_1 = -0.2 \times 0.1(0.5 - 0) = -0.01V$ et $i_1 = \dfrac{e_1}{R} = \dfrac{-0.01}{0.05} = -0.2A$

b- $e_1 = -0.2 \times 0.1(0.5 - 0.5) = 0V \rightarrow i_1 = 0A$

c- $e_1 = -0.2 \times 0.1(0.5 - 0.25) = -0.005V \rightarrow i_1 = -0.1A$

Corrigé III

1- L'oscillogramme (1) représente la variation de la tension aux bornes du générateur, et (2) représente la variation de la tension aux bornes du conducteur ohmique R qui est l'image de la variation de l'intensité i

2- La période : $T = 50.10^{-6} \times 6 = 3.10^{-4}$ sec

La fréquence : $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{10^4}{3} \rightarrow \omega = 2\pi f = \dfrac{2\pi.10^4}{3} rads/\sec$

3- La tension u_1 est en avance d'angle φ sur la tension u_2 ; $\varphi = \dfrac{\pi}{3} rads$

4- $U_{1m} = 2 \times 2 = 4V$ $\quad U_{2m} = 0.25 \times 2 = 4V$

$$U_{2m} = RI_m \rightarrow I_m = \frac{1}{50} = 0.02A$$

5- a- $i = I_m \cos(\omega t + \varphi) = I_m \cos(\omega t - \dfrac{\pi}{3})$

b- $u_R = U_{2m}\cos(\omega t - \dfrac{\pi}{3})$

c- $u_B = ri + L\dfrac{di}{dt} = rI_m \cos(\omega t - \dfrac{\pi}{3}) - L\omega I_m \sin(\omega t - \dfrac{\pi}{3})$

d- $i = C\frac{du_c}{dt} \to \frac{du_c}{dt} = \frac{i}{C} = \frac{I_m \cos(\omega t - \frac{\pi}{3})}{C} \to u_c = \frac{I_m}{C\omega}\sin(\omega t - \frac{\pi}{3})$

6- $u_G = u_c + u_B + u_R$

$$U_{1m}\cos\omega t = \frac{I_m}{C\omega}\sin(\omega t - \frac{\pi}{3}) + rI_m\cos(\omega t - \frac{\pi}{3}) - L\omega I_m\sin(\omega t - \frac{\pi}{3}) + U_{2m}\cos(\omega t - \frac{\pi}{3})$$

Pour $\omega t = \frac{\pi}{3} \to 4\times 0.5 = 0 + 0.02r - 0 + 1 \to r = 50\Omega$

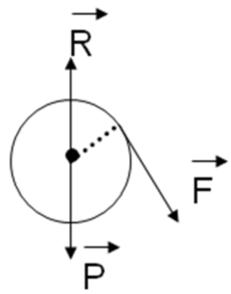
Pour $\omega t = \frac{5\pi}{6} \to 4\times 0.5 = \frac{0.02\times 3\times\sqrt{3}}{10^{-6}\times 10^4\times 2} + 50\times 0.02\times 0.5 - L\times\frac{10^4}{3}\times 0.02\times\frac{\sqrt{3}}{2} + 1\times 0.5$

$\Rightarrow 100\sqrt{3}L = 9\sqrt{3} - 3 \to L = 0.0727H$

<u>Corrigé IV</u>

a)

1) D'après le théorème du moment cinétique, on peut écrire : $\frac{d\sigma}{dt} = \Sigma M$ où ΣM est le moment résultant de toutes les forces appliquées. Les forces appliquées :



Le poids $\vec{P}$ qui rencontre l'axe $(\Delta)\rightarrow$ son moment $M_1 = 0$

La réaction $\vec{R}$ de l'axe qui rencontre l'axe … $M_2 = 0$

La force appliquée $\vec{F}$, son moment $M_3 = F\times r \rightarrow$

$\frac{d(I\theta')}{dt} = F\times r$ *donc* $I\theta'' = F\times r$ donc $\frac{mr^2}{2}.\theta'' = F.r$ donc $\theta'' = \frac{2F}{mr} = ct$ (1)

$\theta'_0 = 0$ *donc* le mouvement est uniformément accéléré de rotation.

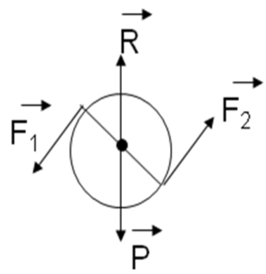
2) D'après (1) $F = \frac{mr\theta''}{2}$. Calculons l'accélération angulaire θ''.

On a $\theta' = \theta'' t + \theta'_0$ donc

$2\pi N = \theta''.t + 0$ donc $\theta'' = \frac{2\pi.8}{2} = 8\pi\, rd/s^2$ donc

$F = \frac{3.2x5x10^{-2}x8\pi}{2} = 2N.$

b) D'après le théorème du moment cinétique $\frac{\Delta\sigma}{\Delta t} = M$

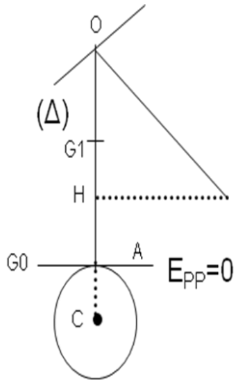


$\frac{\Delta f - \Delta i}{\Delta t} = M$ *donc* $\frac{0 - I\theta'_i}{\Delta t} = M$ donc

$\Delta t = \frac{-mr^2.\theta''}{M}$ *donc* $\Delta t = 0.1$ *sec*

B) a) OG=a=$\frac{m_T OG_1 + m_S OC}{m_T + m_S} = 0.4\ m$ donc G≡A

b) L'énergie mécanique du pendule à un instant t où l'élongation est θ et la vitesse angulaire est θ' est $E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} I\theta' + Mgz$ avec z=AH=a(1-cos θ) donc $E_m = \frac{1}{2} I\theta' + Mga(1 - \cos\theta)$. Pas de frottement donc $E_m = cte$



Dérivons la relation précédente % à t, donc :

0=I$\theta'\theta''$+Mgaθ' sin θ et comme θ faible donc sinθ =θ rd donc Iθ'' + $Mga\theta = 0,$

$donc\ \theta'' + \frac{Mga}{I}\theta = 0$ c'est une équation différentielle du second ordre sans second membre de la forme $\theta'' + w_0{}^2\theta = 0$ où $w_0 = \sqrt{\frac{Mga}{I}}$ Sa solution est de la forme :

$\theta = \theta_m \sin(w_0 t + \varphi)$ donc le mouvement est périodique donc mouvement pendulaire de période propre

$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mga}}$ donc $T_0 = 2 * 3.14\sqrt{\frac{1}{4.10.0.4}}$ $donc\ T_0 = 1.57\ sec.$

c) Pas de frottement donc $E_m = cte\ donc\ E_m G = E_m(G_0)$

$$E_C + E_{pp})G = E_C + E_{pp})G_0$$

$$0 + Mgz = \frac{1}{2} I\theta_0{}'^2 + 0\ avec\ z = G_0 H$$

Z=a-acos60 $= \frac{a}{2}$

$$\frac{Mga}{2} = \frac{1}{2} I\theta_0{}'^2$$

$$\theta_0{}' = \sqrt{\frac{Mga}{I}} = \sqrt{\frac{4.10.0.4}{1}} = 4\frac{rd}{s}$$

$$v_G = a.\theta_0{}' = 0{,}4.4 = 1{,}6\ m/s$$