

*colle  
A.P.*

EPREUVE DE PHYSIQUE  
Mini-session N°4

Exercice 1 : Applications des lois de Newton / 5points

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

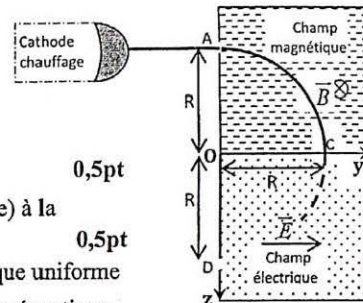
1. / Mouvement des particules dans les champs électrique et magnétique 2,5points

Un faisceau d'électrons, émis d'une cathode par effet thermoélectronique, est accéléré au moyen d'une anode OA. La différence de potentiel entre anode et cathode est  $U_0=285V$ .

En admettant que les électrons sont émis par la cathode avec une vitesse négligeable :

1.1. Exprimer puis numériquement la vitesse  $v_0$  des électrons lorsqu'ils traversent le trou A. 0,25pt

1.2. Le faisceau d'électrons pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique  $\vec{B}$ , dans laquelle il décrit un quart de cercle de rayon  $R=20cm$ . Calculer littéralement (en fonction de  $U_0$  et de  $R$ ), puis numériquement, la norme  $B$  du champ magnétique. 0,5pt



1.3. Caractériser le vecteur vitesse  $\vec{v}$  des électrons (direction et norme) à la traversée du trou C. 0,5pt

1.4. Le faisceau d'électrons est enfin dévié par un champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$  parallèle à l'axe (Oy), régnant dans le dièdre (yoz). Etablir les équations horaires du mouvement projeté sur les axes (Oy) et (Oz). En déduire l'équation et la nature de la trajectoire. 0,75pt

1.5. Calculer la valeur à donner à la norme  $E$  du champ électrostatique pour que le faisceau d'électrons traverse le trou D à une distance  $R$  du point O ; on exprimera en fonction de  $U_0$  et de  $R$ . 0,5pt

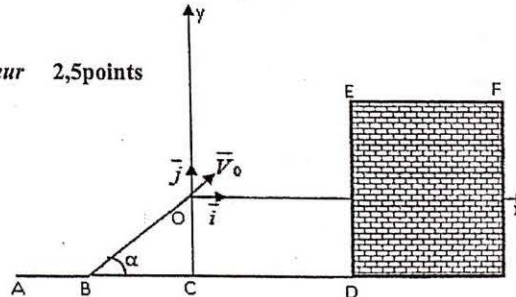
Charge de l'électron :  $-e=-1,6.10^{-19}C$  ; masse de l'électron :  $m=9,1.10^{-31}kg$ .

2./ Mouvement d'un mobile dans un champ de pesanteur 2,5points

Un cascadeur veut sauter avec sa voiture sur la terrasse horizontale EF d'un immeuble

Il utilise un tremplin BOC formant un angle  $\alpha$  avec le sol horizontal et placé à la distance CD de l'immeuble (OC et DE sont des parois verticales).

La masse du système {automobile-pilote} est égale à une tonne.



Pour simplifier le problème, on considèrera les frottements négligeables dans la phase aérienne, on admettra qu'à la date initiale le centre d'inertie G quitte le point O avec une vitesse  $\vec{V}_0$  et G va être confondu au point E à l'arrivée sur la terrasse. *Donnée :  $g=10m.s^{-2}$*

2.1. Enoncer la relation fondamentale de la dynamique en translation. 0,5pt

2.2. Etablir les équations horaires et l'équation de la trajectoire du centre d'inertie G entre O et E. 1pt

2.3. Calculer la vitesse  $V_0$ , ainsi que l'angle  $\alpha$  pour que le système arrive en E avec une vitesse  $\vec{V}_E$  horizontale. 1pt

*Données :  $CD=15,0m$  ;  $DE=10,0m$  ;  $OC=8,0m$*

Exercice 2. Oscillateurs mécaniques / 5points

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

**1. / Oscillations d'un pendule simple 2,5points**

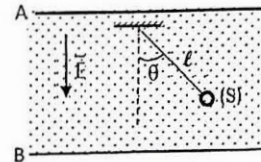
Un pendule simple est constitué par un fil isolant de masse négligeable et de longueur  $\ell=10\text{cm}$  auquel est suspendue une sphère ponctuelle (S) de masse  $m=3\text{g}$ . On néglige les frottements et on prendra  $g=9,8\text{N.Kg}^{-1}$ .

1.1. Enoncer la loi d'isochronisme des petites oscillations d'un pendule simple, donner l'expression de la période propre  $T_0$  d'un pendule simple harmonique. **0,75pt**

1.2. La sphère (S) est électrisée et porte une charge électrique  $q$ . Ce pendule est placé entre les armatures A et B planes et horizontales distantes de  $d$  entre lesquelles règne une d.d.p. créant un champ électrique uniforme vertical dirigé de haut en bas de valeur  $E=2,5.10^4\text{V/m}$ .

1.2.1. Reproduire et préciser le signe des armatures A et B. **0,25pt**

1.2.2. La nouvelle période  $T$  des oscillations de faibles amplitudes du pendule simple électrisé est légèrement supérieure à la période propre  $T_0$  ci-dessus. En déduire par conséquent le signe de la charge  $q$  du solide (S). Justifier. **0,5pt**



1.2.3. Appliquer la loi de Newton appropriée et exprimer l'équation différentielle du mouvement du solide (S) pour de faibles amplitudes. Déduire l'expression de la période  $T$  en fonction de  $T_0$ ,  $q$ ,  $E$ ,  $m$  et  $g$ . **0,75pt**

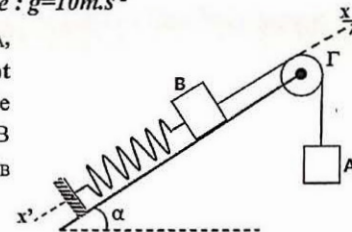
1.2.4. Application numérique :  $T=1,02T_0$ , calculer la valeur de la charge  $q$ . **0,25pt**

**2. / Oscillations d'un pendule élastique 2,5points**

On considère le système schématisé ci-contre. Le ressort est à spires non jointives et sa masse est négligeable. Sa raideur est  $k=80\text{N.m}^{-1}$  et sa longueur à vide est  $\ell_0=15\text{cm}$ . Les solides A et B de masses respectives  $m_A=500\text{g}$  et  $m_B=300\text{g}$  sont reliés entre eux par un fil inextensible de masse négligeable passant par la gorge d'une poulie  $\Gamma$  de masse négligeable, mobile sans frottement autour de son axe ( $\Delta$ ). Le solide B se déplace sans frottements sur le plan incliné faisant un angle  $\alpha=30^\circ$  avec le plan horizontal. *Donnée :  $g=10\text{m.s}^{-2}$*

2.1. A l'équilibre, Exprimer  $\Delta\ell_0$  l'allongement du ressort en fonction de  $m_A$ ,  $m_B$ ,  $k$ ,  $\alpha$  et  $g$ . **0,5pt**

2.2. A partir de la position d'équilibre, on déplace verticalement le solide A de  $5\text{cm}$  vers le bas et on l'abandonne sans vitesse initiale. La position de B est repérée par l'abscisse  $x$  sur l'axe  $xx'$  dont l'origine coïncide avec  $G_B$  à l'équilibre.



2.2.1. Montrer que le solide B effectue un mouvement rectiligne sinusoïdal dont on exprimera la période  $T_0$  en fonction de  $m_A$ ,  $m_B$  et  $k$ . **1pt**

2.2.2. Par simulation électromécanique, schématiser le dipôle électrique équivalent et donner l'équation différentielle en précisant la fréquence propre  $f_0$  des oscillations électriques. Ecrire l'équation horaire du mouvement des charges. **1pt**

Exercice 3. Oscillations électriques / 6points

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

**1- / Stroboscope électronique. 3points**

Un tube d'éclairage fluorescent peut être assimilé à un récepteur de courant alternatif qu'on assimilera à une résistance pure  $R$  et une inductance pure  $L$  associées en série.

Ce tube est alimenté sous une tension alternative sinusoïdale de fréquence  $50\text{Hz}$  et de valeur efficace  $220\text{V}$ , dans ces conditions la puissance absorbée est  $40\text{W}$  et l'intensité efficace du courant est  $I=0,45\text{A}$ .

1.1. Définir le terme *impédance* puis calculer l'impédance du circuit, son facteur de puissance et des valeurs de  $R$  et de  $L$ . **1,5pt**



1.2. Ce tube fluorescent est utilisé dans un atelier comme source d'éclairage d'une pièce tournante de forme cylindrique sur la surface latérale de laquelle huit rainures équidistantes ont été usinées. La vitesse de rotation de cette pièce tournante peut varier de 40 tr/mn à 2500tr/mn. Pour certaines valeurs de la vitesse de rotation, la pièce paraît immobile.

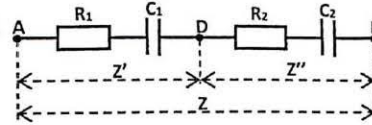
- 1.2.1. Définir le terme *stroboscope*. 0,5pt  
 1.2.2. Sachant que le tube s'allume chaque fois que le module de la tension dépasse une certaine valeur critique de l'ordre de 200V, quel est le nombre d'éclairs qui jaillissent par seconde? 0,5pt  
 1.2.3. Pour quelles valeurs de vitesse de rotation exprimée en tours par minute, la pièce tournante paraît-elle immobile? 0,5pt

2- Etude d'un dipôle RC en oscillations forcées 3points

On applique entre les bornes A et B d'un circuit électrique une tension

$$u(t) = 100\sqrt{2} \cos 100\pi t \text{ en volts. On Prendra } \frac{1}{\pi} = 0,318 \text{ et } \sqrt{2} = 1,414$$

La construction de Fresnel est indispensable dans chaque cas.



- 2.1. Définir le terme *oscillations électriques forcées*. 0,5pt  
 2.2. On monte en série, entre A et B, une résistance non inductive  $R_1=100\Omega$  et un condensateur de capacité  $C_1$ . L'intensité efficace du courant est  $I_1=0,707A$ . Calculer la valeur de  $C_1$ . 0,5pt  
 2.3. On monte en série, entre A et B, la résistance  $R_1$ , le condensateur  $C_1$  précédent, une résistance non inductive  $R_2=200\Omega$ , et un condensateur de capacité  $C_2$ . Soit  $Z$  l'impédance de la portion de circuit AB,  $Z'$  l'impédance de la portion de circuit AD,  $Z''$  l'impédance de la portion de circuit DB.  
 2.3.1. Quelle doit être la valeur de  $C_2$  pour que la relation  $Z=Z'+Z''$  soit vérifiée? 1pt  
 2.3.2. Calculer l'intensité efficace  $I_2$  et déterminer son expression instantanée  $i_2(t)$ . 1pt

**Exercice 4. Expérience de physique / 4 points**

**1. OBJECTIF**

Application du théorème du centre d'inertie.

**2. MATERIEL**

- Une table à digitaliser inclinable avec le mobile autoporteur sur coussin d'air.
- Un micro-ordinateur et une imprimante graphique.

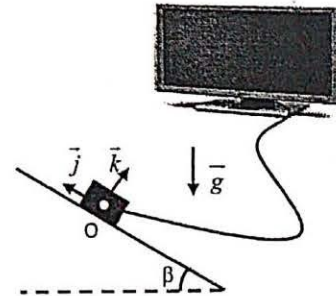
**3. PRINCIPE**

Un palet sur coussin d'air de masse  $m$  est mis en mouvement descendant sur la table inclinée d'angle  $\beta$  (voir figure ci-contre).

Son centre d'inertie est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié ; le long de la ligne de plus grande pente.

La position du centre d'inertie G du palet est transmise à l'ordinateur à intervalles de temps consécutifs égaux  $\tau$ .

Le palet est soumis à son poids  $\vec{P}$  et à la réaction  $\vec{R}$  exercée par le support.  $\vec{f}$  est la force de frottement supposé constante.



**4. PROTOCOLE EXPERIMENTAL**

- On mesure l'angle d'inclinaison  $\beta$ .
- On choisit les paramètres cinématiques à acquérir.
- On programme les calculs de la distance parcourue  $l$  et de la vitesse de composante  $v_y$ .
- On lâche le mobile initialement sur la table à digitaliser.

5. RESULTATS EXPERIMENTAUX

On donne :  $m=0,260\text{kg}$  ;  $\beta=16^\circ$  ;  $g=9,8\text{N.kg}^{-1}$ .

t(s)	0,0000	0,0200	0,0400	0,0600	0,0800	0,1000	0,1200	0,1400	0,1600
y(m)	0,0000	-0,0076	-0,0165	-0,0258	-0,0363	-0,0478	-0,0604	-0,0733	-0,0868
v <sub>y</sub> (m/s)	-0,3600	-0,4131	-0,4550	-0,4956	-0,5506	-0,6025	-0,6356	-0,6600	-0,7075

6. EXPLOITATION ET QUESTIONS

6.1. Appliquer la relation  $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$  et montrer que :  $v_y = -\left(g\sin\beta - \frac{f}{m}\right)t - v_0$ .

0,5pt

*Les projections se feront uniquement sur l'axe (oy) du repère ci-dessus.*

6.2. Le repère lié au palet est-il galiléen? Justifier

0,5pt

6.3. Quelle distance parcourt le palet au cours de cette expérience?

0,25pt

6.4. Préciser la valeur du module de la vitesse initiale  $v_0$  du centre d'inertie du palet et la valeur de chaque intervalle de temps d'enregistrement  $\tau$ .

0,5pt

6.5. Représenter graphiquement  $v_y$  en fonction du temps  $t$  soit  $v_y=f(t)$

1,25pt

*Echelle : 1cm pour 0,010s et 2cm pour  $-0,10\text{m.s}^{-1}$ .*

6.6. A partir du graphique, déterminer la valeur de la force de frottement  $f$ . Comparer sa valeur à celle de la composante motrice du poids  $m.g.\sin\beta$ . Conclure sur la nature du mouvement.

1pt

EPREUVE DE PHYSIQUE

Mini-session N° 3

L'épreuve comporte quatre (04) exercices indépendants disposés sur trois pages et assorties de deux documents annexes à insérer dans la copie. Les exercices seront traités dans l'ordre voulu par le candidat.

**Exercice 1 : Quelques définitions et lois (3 points)**

1. Définir les termes suivants : bobines de Helmholtz, satellite géostationnaire, spectromètre de masse, système oscillant. 1pt
2. Enoncer les lois suivantes : 1pt
  - Le théorème du centre d'inertie ;
  - La relation fondamentale de la dynamique en translation.
3. Quel est le paramètre physique qui permet de comparer les deux lois énoncées à la question 2. ? Expliquer. 0,5pt
4. Donner les conditions d'un bon virage. 0,5pt

**Exercice 2 : Systèmes oscillants (6 points)**

Les questions 1. et 2. de cet exercice sont indépendantes.

1. Le pendule simple est constitué d'un fil inextensible de masse négligeable et de longueur  $l=0,55$  m et portant à son extrémité libre un solide ponctuel (S) de masse  $m$ . L'ensemble est placé dans champ lumineux produit par le soleil où les rayons de soleil sont orientés verticalement vers le bas (Figure 1-annexe 1). On s'intéresse aux mouvements des centres d'inertie G du solide (S) et C de l'ombre de ce dernier sur le sol horizontal. Le pendule est écarté d'un angle  $\theta_m = 45^\circ$  par rapport à sa position d'équilibre verticale.
  - 1.1. Quels types de mouvements effectuent les points G et C ? 0,5pt
  - 1.2. Déterminer la longueur de l'arc de cercle balayé par S ainsi que celle du segment décrit par C au cours des oscillations. 1pt
  - 1.3. Sachant que le pendule bat la seconde (durée d'une demi oscillation), écrire la loi horaire du mouvement de C en supposant qu'à l'instant initial, C passe par l'origine des espaces dans le sens des élongations décroissantes. 1pt
2. Un réseau électrique est constitué d'un conducteur ohmique de résistance R, d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r et d'un condensateur de capacité C. L'ensemble monté en série est alimenté par un générateur basse fréquence (GBF) de pulsation  $\omega$ . Le GBF délivre un courant de valeur efficace I. Les valeurs instantanées des tensions aux bornes de chaque dipôle sont présentées dans le tableau ci-dessus :

Dipôle	Tension instantanée
<ul style="list-style-type: none"><li>• Conducteur ohmique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>u_R(t) = RI\sqrt{2} \cos(\omega t)</math></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bobine</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>u_B(t) = rI\sqrt{2} \cos(\omega t) + L\omega I\sqrt{2} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)</math></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Condensateur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>u_C(t) = \frac{I\sqrt{2}}{C\omega} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)</math></li></ul>



Le but ce problème est de déterminer les caractéristiques des tensions  $u(t) = u_R(t) + u_B(t) + u_C(t)$  aux bornes du GBF et  $u_B(t)$  aux bornes de la bobine en utilisant la construction de Fresnel.

- 2.1. Compléter la légende de la figure 2-annexe 1 représentant le diagramme de Fresnel du réseau électrique exploré. 0,25ptx2
- 2.2. A l'aide de ce diagramme exprimer :
  - Le paramètre Z représentant l'impédance du réseau en fonction de R, r, L, C et  $\omega$ . 0,5pt
  - Le paramètre  $Z_B$  représentant l'impédance de la bobine en fonction r, L et  $\omega$ . 0,5pt
  - $\cos \varphi$  en fonction de R, r, L, C et  $\omega$ . 0,5pt
  - $\cos \varphi_B$  en fonction de r, L et  $\omega$ . 0,5pt
- 2.3. Que représentent  $\varphi$  et  $\varphi_B$  ? 0,5pt
- 2.4. Application numérique : calculer Z et  $Z_B$  pour  $R=10\Omega$ ,  $r=2\Omega$ ,  $L=25\text{mH}$ ,  $C=10\mu\text{F}$  et  $\omega = 100\pi \text{ rad.s}^{-1}$ . 0,5pt

**Exercice 3 : Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique (5,5 points)**

Dans la région d'espace R comprise entre deux plaques parallèles (P) et (P') distants de d, il existe un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  créé par des électrodes constituées de fins grillages métalliques disposés sur (P) et (P') ;  $\vec{E}$  sera considéré comme nul à l'extérieur de R. Une particule ponctuelle, de masse m et de charge électrique q positive, arrive en O à  $t=0$  et pénètre dans la région R avec une vitesse  $\vec{v}_0$  contenu dans le plan  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  et formant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale (Figure 3-annexe 1).

1. Représenter le champ électrique  $\vec{E}$  régnant entre (P) et (P') ainsi que la force électrique  $\vec{F}$  s'exerçant sur la particule en O. 0,5pt
2. On néglige le poids de la particule devant la force électrique. Etablir l'équation de la trajectoire. Quelle est sa nature ? 1pt
3. Déterminer la composante  $V_x$  de la vitesse en fonction de x (on pourra utiliser le théorème de l'énergie cinétique). 0,5pt
4. Calculer la valeur  $V_s$  de la vitesse de la particule et l'angle  $\beta$  qu'elle fait avec l'horizontale au moment où elle arrive dans le plan (P'). 1pt
5. Calculer les coordonnées  $x_s$  et  $y_s$  de la particule au point de sortie S. 0,75pt
6. Etablir l'équation de la trajectoire de la particule après la traversée du plan (P') en prenant pour origine des espaces le point O et pour origine des dates l'instant où la particule traverse la plaque (P'). Quelle est sa nature ? 1pt
7. Montrer que le rapport  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$  est égal à une constante k qu'on exprimera en fonction E, d, m et  $V_0$ . 0,75pt

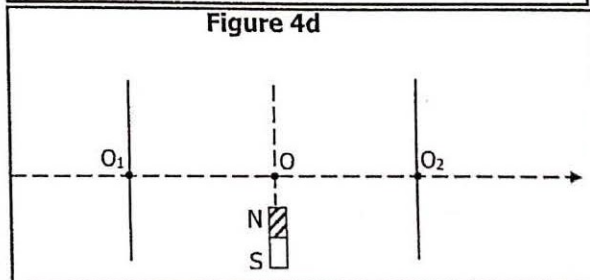
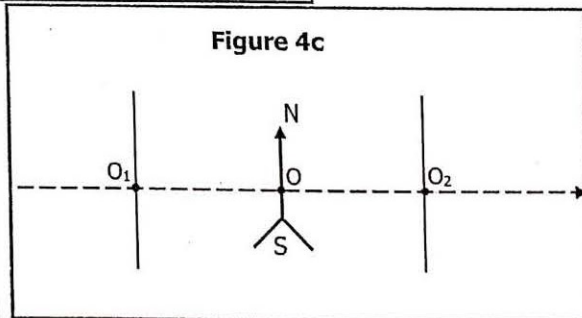
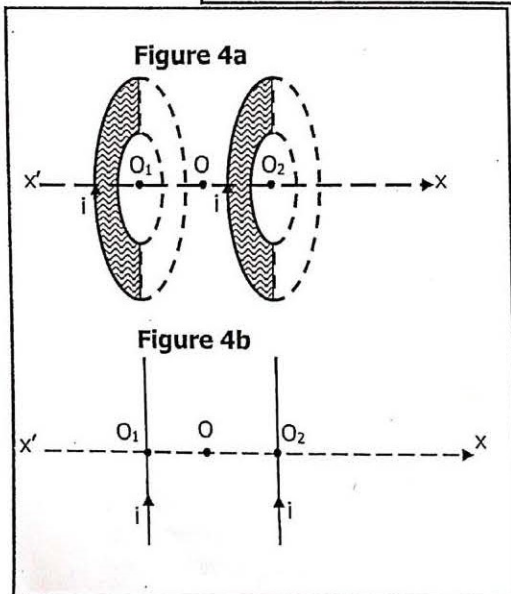
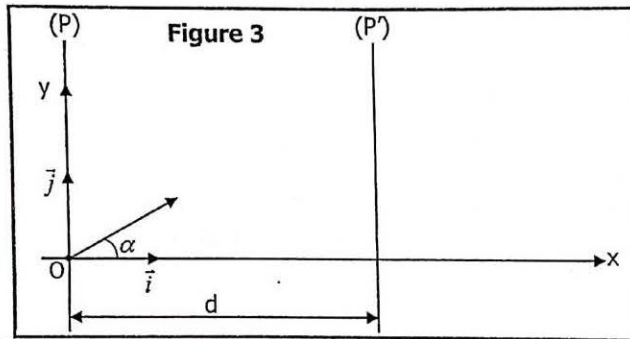
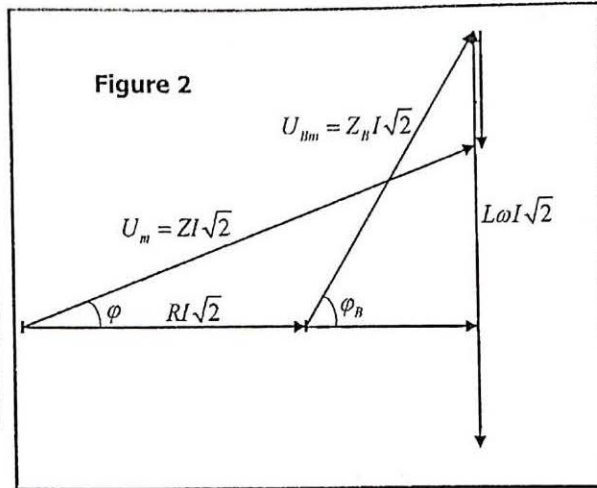
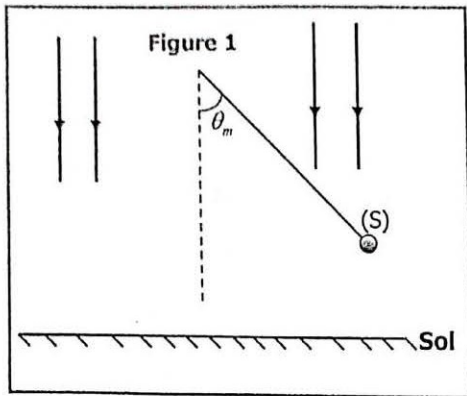
**Exercice 4 : Etude expérimentale des bobines de Helmholtz (5,5 points)**

On étudie le champ magnétique créé par les bobines de Helmholtz. Ce sont deux bobines plates circulaires, identiques, coaxiales, de centres  $O_1$  et  $O_2$ , de rayon R, distantes de  $d=R$ , comportant chacune N spires et parcourues par des courants de même sens et de même intensité i. On désigne par O le milieu de  $O_1O_2$  (voir figures 4a et 4b de l'annexe 1). On donne  $R=6,5\text{cm}$  ;  $N=100\text{spires}$ .

1. Sur la figure 4b, représenter le vecteur champ magnétique résultant  $\vec{B}$ , créé par les bobines au point O. Justifier cette représentation. **0,5pt**
2. On fait varier l'intensité du courant  $i$  et on mesure, à chaque fois, la valeur du champ magnétique B au point O. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

i(A)	0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	2,8
B(mT)	0	0,28	0,69	1,10	1,40	2,10	2,70	3,50	3,90

- 2.1. Tracer la courbe  $B=f(i)$  avec les échelles suivantes :  $\begin{cases} 1 \text{ cm pour } 0,25 \text{ A} \\ 1 \text{ cm pour } 0,4 \text{ mT} \end{cases}$  **1pt**
- 2.2. Dédurre de l'allure de la courbe, la relation explicite entre B et i. **0,5pt**
3. Dans le vide, la valeur du champ magnétique résultant créé par les bobines en O, est donnée par :  $B = 0,72 \mu_0 \frac{N}{R} i$ . En utilisant la relation établie en 3., déterminer la valeur de la perméabilité magnétique du vide  $\mu_0$ . **0,5pt**
4. Au point O, on place une aiguille aimantée, mobile autour d'un pivot vertical. En l'absence de courant dans les bobines, l'aiguille s'oriente comme l'indique la figure 4c. L'axe est alors parallèle aux plans des bobines. La valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre vaut  $B_H = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ . On fait passer dans les bobines un courant d'intensité  $I = 50 \text{ mA}$ , l'aiguille aimantée dévie alors d'un angle  $\alpha$ .
- 4.1. Compléter la figure 4c en indiquant clairement le sens du courant dans les bobines, les vecteurs champs magnétiques au point O et l'angle de rotation  $\alpha$  de l'aiguille aimantée. **1,25pt**
- 4.2. Déterminer la valeur de l'angle de rotation  $\alpha$  de l'aiguille aimantée. **0,75pt**
5. Sans modifier le courant traversant les bobines, on place un aimant droit suivant une direction perpendiculaire à  $O_1O_2$  et confondue avec la direction initiale de l'aiguille aimantée (voir figure 4d-annexe 1). l'aiguille aimantée accuse alors une déviation  $\alpha' = 45^\circ$  par rapport à sa position en l'absence de courant. Préciser les caractéristiques du vecteur champ magnétique créé par l'aimant droit au point O. **1pt**





5. RESULTATS EXPERIMENTAUX <http://www.edusec.biz>

On donne :  $m=0,260\text{kg}$  ;  $\beta=16^\circ$  ;  $g=9,8\text{N.kg}^{-1}$ .

t(s)	0,0000	0,0200	0,0400	0,0600	0,0800	0,1000	0,1200	0,1400	0,1600
-y(m)	0,0000	-0,0076	-0,0165	-0,0258	-0,0363	-0,0478	-0,0604	-0,0733	-0,0868
v <sub>y</sub> (m/s)	-0,3600	-0,4131	-0,4550	-0,4956	-0,5506	-0,6025	-0,6356	-0,6600	-0,7075

6. EXPLOITATION ET QUESTIONS

6.1. Appliquer la relation  $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}_G$  et montrer que :  $v_y = -\left(g\sin\beta - \frac{f}{m}\right)t - v_0$ . 0,5pt

*Les projections se feront uniquement sur l'axe (oy) du repère ci-dessus.*

6.2. Le repère lié au palet est-il galiléen? Justifier 0,5pt

6.3. Quelle distance parcourt le palet au cours de cette expérience? 0,25pt

6.4. Préciser la valeur du module de la vitesse initiale  $v_0$  du centre d'inertie du palet et la valeur de chaque intervalle de temps d'enregistrement  $\tau$ . 0,5pt

6.5. Représenter graphiquement  $v_y$  en fonction du temps  $t$  soit  $v_y=f(t)$  1,25pt

*Echelle : 1cm pour 0,010s et 2cm pour  $-0,10\text{m.s}^{-1}$ .*

6.6. A partir du graphique, déterminer la valeur de la force de frottement  $f$ . Comparer sa valeur à celle de la composante motrice du poids  $m.g.\sin\beta$ . Conclure sur la nature du mouvement. 1pt

PAVS H