

الاسم:  
الرقم:مسابقة في الفيزياء  
المدة: ساعتان

*Cette épreuve, formée de trois exercices obligatoires, est constituée de trois pages numérotées de 1 à 3.*

*L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.*

### Premier exercice (6 pts) Détermination de la vitesse d'une balle

Une arme à feu est capable de tirer des balles, chacune de masse  $m = 20 \text{ g}$ , avec une vitesse horizontale  $\vec{V}_0$  de valeur  $V_0$ .

Dans le but de déterminer  $V_0$ , on considère un dispositif constitué d'un bloc de bois, de masse  $M = 1 \text{ kg}$ , suspendu à deux fils inextensibles, de masse négligeable et de même longueur (figure 1).

Ce dispositif peut être assimilé au bloc de bois suspendu à un fil de longueur  $\ell = 1 \text{ m}$ , initialement au repos dans sa position d'équilibre en  $G_1$ .

Une balle frappe le bloc à la vitesse  $\vec{V}_0$  et s'y incruste au niveau du centre de gravité  $G$  du bloc. Juste après le choc, le système (bloc, balle) se met en mouvement à la vitesse  $\vec{V}_1$  horizontale. Le pendule atteint alors un écart angulaire maximal  $\alpha = 37^\circ$ .  $G_1$  et  $G_2$  sont les positions respectives de  $G$  à la position d'équilibre et à la position la plus élevée. Prendre le plan horizontal passant par  $G_1$  comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur (figure 2). Négliger les frottements avec l'air et prendre  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

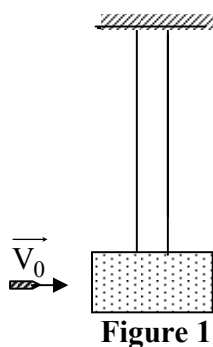


Figure 1

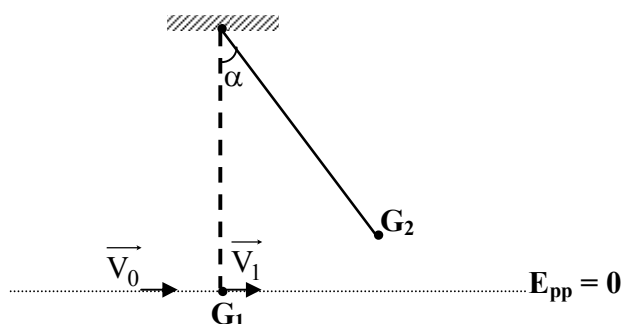


Figure 2

1. Au cours d'un choc, laquelle des deux grandeurs physiques, la quantité de mouvement ou l'énergie cinétique du système, n'est pas toujours conservée?
2. Déterminer l'expression de la valeur  $V_1$  de la vitesse  $\vec{V}_1$  en fonction de  $M$ ,  $m$  et  $V_0$ .
3. a) Déterminer, juste après le choc, l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de  $V_0$ ,  $M$ , et  $m$ .  
b) Déterminer, en fonction de  $M$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $\ell$  et  $\alpha$ , l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) au point  $G_2$ .  
c) Déduire  $V_0$ .
4. Vérifier la réponse à la question (1).

## Deuxième exercice (7 pts) Détermination de la nature et de la caractéristique d'un dipôle

On dispose de trois dipôles de natures différentes. L'un de ces dipôles est un conducteur ohmique de résistance  $R$ , un autre un condensateur de capacité  $C$  et le dernier une bobine d'inductance  $L$  et de résistance négligeable.

### A- Nature de chaque dipôle

Afin de déterminer la nature de chaque dipôle, on dispose d'un générateur  $G$  de tension continue, d'un conducteur ohmique de résistance  $r$ , d'un ampèremètre  $A$  et d'un interrupteur  $K$ .

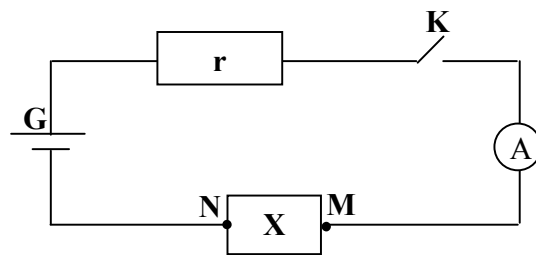


Figure 1

#### 1. Première expérience

On réalise le montage de la figure (1) ci-contre, en branchant, entre  $M$  et  $N$ , le dipôle nommé  $X$ , puis on ferme  $K$ . L'ampèremètre indique alors une certaine valeur qui diminue pour atteindre zéro au bout d'un certain temps.

Déterminer la nature du dipôle  $X$ .

#### 2. Deuxième expérience

On recommence l'expérience en remplaçant le dipôle  $X$  par le dipôle nommé  $Y$ . L'ampèremètre indique, dans ce cas, une valeur constante.

Déterminer la nature du dipôle  $Y$ .

3. Le troisième dipôle nommé  $Z$  est branché seul entre  $M$  et  $N$ . Indiquer sa nature et préciser son effet sur l'établissement du courant dans le circuit.

### B- Caractéristiques des dipôles

#### 1. Valeur de $C$

On alimente le condensateur, de capacité  $C$ , par un GBF (figure 2) délivrant une tension alternative sinusoïdale  $u = U\sqrt{2} \sin 2\pi f t$ , de valeur efficace  $U = 1 \text{ V}$  et de fréquence  $f$  réglable. Prendre  $0,32\pi = 1$ .

On donne à  $f$  différentes valeurs et on mesure, à l'aide d'un ampèremètre, les valeurs correspondantes de l'intensité efficace  $I$  du courant qui parcourt le circuit.

Le graphique de la figure 3 représente les variations de  $I$  en fonction de  $f$ .

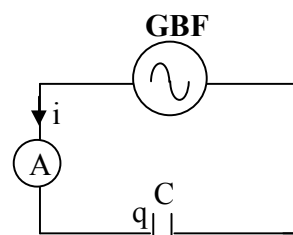


Figure 2

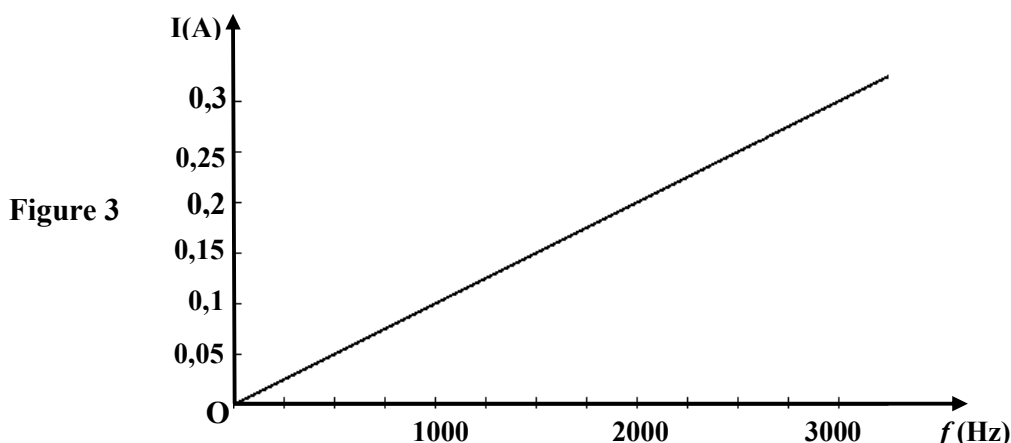


Figure 3

- D'après le graphique, on peut écrire :  $I = B \times f$  où  $B$  est une constante. Calculer  $B$ .
- Exprimer  $B$  en fonction de  $U$  et  $C$  en utilisant la relation  $i = dq / dt$ .
- Déterminer la valeur de  $C$ .

## 2. Valeur de L

Les trois dipôles X, Y et Z sont maintenant montés en série aux bornes du GBF précédent (figure 4).

On fait varier  $f$  tout en maintenant constante la tension efficace  $U$ . On trouve que la valeur efficace  $I$  du courant qui parcourt le circuit varie et prend une valeur maximale  $I_0$  pour  $f_0 = 120$  Hz.

- L'existence de la valeur maximale  $I_0$  de  $I$  met en évidence un phénomène physique. Donner le nom de ce phénomène.
- Sachant que  $C = 1,6 \times 10^{-5}$  F, déterminer la valeur de  $L$ .

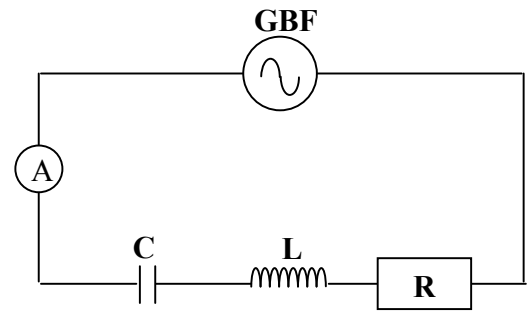


Figure 4

## Troisième exercice (7 pts)

### Le carbone 14

Le but de cet exercice est de mettre en évidence certaines propriétés caractéristiques du radioélément  $^{14}_6\text{C}$  et d'exposer le procédé utilisé pour connaître l'âge de morceaux de bois fossiles.

#### Données :

masse d'un proton :  $m_p = 1,00728$  u ;

masse d'un noyau de  $^{14}_6\text{C} = 14,0065$  u ;

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$  ;

nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

masse d'un neutron :  $m_n = 1,00866$  u ;

masse d'un noyau de  $^{14}_7\text{N} = 14,0031$  u ;

masse molaire de  $^{14}_6\text{C} = 14 \text{ g} \times \text{mol}^{-1}$  ;

#### A - Formation du carbone 14

Dans la haute atmosphère, l'azote  $^{14}_7\text{N}$  se transforme, sous l'impact d'un neutron, en  $^{14}_6\text{C}$ , isotope du carbone  $^{12}_6\text{C}$ .

- Les nucléides  $^{12}_6\text{C}$  et  $^{14}_6\text{C}$  sont isotopes. Pourquoi ?
- Écrire l'équation de la réaction de formation de  $^{14}_6\text{C}$ .
- Identifier la particule émise.

#### B – Désintégration du carbone 14

Le carbone 14 est radioactif  $\beta^-$ . Sa désintégration produit l'azote  $^{14}_7\text{N}$ .

- L'émission d'une particule  $\beta^-$  est due à la désintégration d'un nucléon à l'intérieur du noyau. Écrire la réaction qui correspond à cette émission.
- Calculer l'énergie de liaison par nucléon de chacun des noyaux  $^{14}_6\text{C}$  et de  $^{14}_7\text{N}$ .
- On affirme que la transformation radioactive est une évolution vers un état plus stable. Justifier cette affirmation en tenant compte de ce qui précède.
- La détermination de l'activité d'une substance contenant le carbone 14 se fait à l'aide d'un compteur de particules  $\beta^-$ . On expose, à ce compteur, un échantillon de bois contenant 0,05 g de carbone 14 dont la période radioactive est  $T = 5570$  années. Déterminer :
  - la constante radioactive  $\lambda$  du carbone 14.
  - le nombre de noyaux de carbone 14 contenus dans cet échantillon à l'instant de l'exposition.
  - l'activité de l'échantillon à l'instant considéré.

#### C- Âge d'un bois fossile

On se propose de déterminer l'âge d'un morceau de bois fossile. On expose ce morceau au compteur de particules  $\beta^-$  ; il indique 100 désintégrations en 5 minutes. Sachant qu'un morceau de bois identique et fraîchement coupé donne 1000 désintégrations en 5 minutes, déterminer l'âge du morceau de bois fossile.