

EPREUVE DE PHYSIQUE

EXERCICE 1

Quelques tirs de basket-ball

20 POINTS

On étudie les tirs de basket-ball de manière simplifiée. On suppose que le joueur est face au panneau à une distance  $D$  de ce dernier. Le cercle du panier est situé à une hauteur  $H = 3,05$  m au-dessus du sol et on assimilera le cercle au point C situé sur le panneau. De même, le ballon sera considéré comme ponctuel. On néglige les frottements fluides de l'air. A l'instant  $t = 0$ , le joueur tire le ballon d'un point A situé à une hauteur  $h = 2,00$  m au-dessus du sol en imposant une vitesse  $\vec{v}_0$  faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale (voir figure 1). Le mouvement sera étudié dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ . On prendra  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

1.1. Etablir les équations horaires du mouvement du ballon dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

1.2. En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.

1.3. On suppose que le module de la vitesse initiale est fixé. Déterminer l'équation à vérifier par l'angle  $\alpha$  pour que le panier soit marqué (le ballon passe par le point C). On mettra cette équation sous la forme d'une équation du second degré en  $\tan \alpha$ .

1.4. Montrer que cette équation n'admet des solutions que si le module  $v_0$  de la vitesse initiale vérifie une inéquation du second degré en  $v_0^2$ .

1.5. En déduire l'existence d'une valeur minimale  $v_{0\min}$  de  $v_0$  pour que le panier soit marqué.

1.6. Les règles de la Fédération Internationale de Basket-Ball fixent la distance  $D$  pour un lancer franc et un panier à trois points. Calculer  $v_{0\min}$  :

1.6.1. Pour un lancer franc, la distance  $D$  vaut alors 4,60 m.

1.6.2. Pour un panier à trois points : la distance  $D$  vaut 6,25 m.

1.7. Si la condition précédente (en 1.4) est vérifiée, donner l'expression de  $\tan \alpha$  et en déduire qu'il existe deux angles possibles pour marquer le panier.

1.8. Calculer les valeurs des deux angles  $\alpha$  permettant de marquer un lancer franc en supposant que  $v_0 = 10,0 \text{ m.s}^{-1}$ .

1.9. Pour un angle de tir fixé  $\alpha = 70^\circ$ , trouver la valeur  $v_0$  de la vitesse initiale pour marquer le panier par un lancer franc.

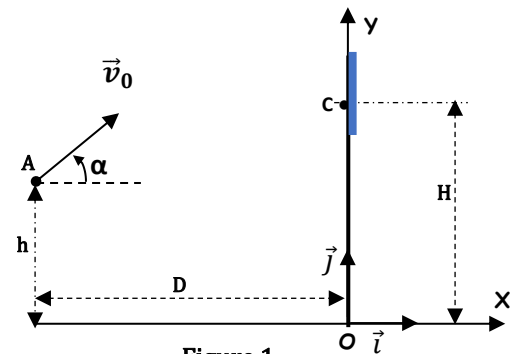


Figure 1

EXERCICE 2 Détermination de la viscosité d'une huile moteur 20 POINTS

On souhaite déterminer expérimentalement la viscosité d'une huile moteur. Pour cela on filme la chute verticale d'une balle dans cette huile moteur avec une caméra numérique. (Figure 2)

L'exploitation du film avec un ordinateur permet de déterminer les valeurs de vitesse de la balle en fonction du temps. On obtient le graphe de la figure 3. On prendra  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ . L'axe vertical  $(O, \vec{i})$  dirigé vers le bas.

2.1. Validité de la modélisation de la force de frottement :

Les caractéristiques de la balle sont : masse  $m = 35,0 \text{ g}$  ; rayon  $R = 2,00 \text{ cm}$  ; volume  $V = 33,5 \text{ cm}^3$ .

La masse volumique de l'huile est  $\rho_h = 0,910 \text{ g.cm}^{-3}$ .

On suppose que la force de frottement s'exprime sous la forme  $\vec{f} = -k \vec{V}_G$  où  $\vec{V}_G$  est la vitesse du centre d'inertie de la balle et  $k$  une constante qui dépend de l'huile et de la balle. On appellera  $V_G$  la composante de la vitesse suivant l'axe Ox.

La poussée d'Archimède a pour expression  $\vec{F} = -\rho_h \cdot V \cdot g \vec{i}$ .

2.1.1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la balle en chute verticale dans l'huile, puis les représenter sur un schéma.

2.1.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle du mouvement de la balle peut se mettre sous la forme :  $\frac{dV_G}{dt} = A - B \cdot V_G$ .

A et B sont des constantes dont on donnera les expressions.

2.1.3. Trouver l'unité de A dans le Système International ainsi que sa valeur.

2.1.4. Ce mouvement de chute présente deux régimes visibles sur la représentation graphique  $V_G = f(t)$  (figure 3)

a) Préciser l'intervalle de temps correspondant au régime transitoire et celui correspondant au régime permanent du mouvement de la balle.

b) Déterminer la valeur de la vitesse limite  $V_{G\lim}$  lors de la chute de la balle.

c) Que vaut l'accélération de la balle quand celle-ci atteint la vitesse limite ? justifier la réponse.

## 2.2. Détermination de la viscosité de l'huile moteur

Pour des vitesses faibles, la formule de Stokes permet de modéliser la force de frottement fluide  $\vec{f}$  agissant sur un corps sphérique en fonction de la viscosité  $\eta$  de l'huile, du rayon de la balle  $R$  et de la vitesse du centre d'inertie de la balle  $\vec{V}_G$  de telle que :  $\vec{f} = -6 \pi \eta R \vec{V}_G$  avec  $\eta$  en Pa.s,  $R$  en m et  $V_G$  en m.s<sup>-1</sup>.

2.2.1. Exprimer la viscosité  $\eta$  en fonction de  $k$  et  $R$  puis

l'exprimer en fonction de  $A$ ,  $m$ ,  $R$  et  $V_{Glim}$

2.2.2. Calculer la viscosité  $\eta$  de l'huile étudiée.

2.2.3. À l'aide des valeurs de viscosité données ci-contre, identifier l'huile de moteur étudiée.

	Huile moteur à 20°C		
	SAE 10	SAE 30	SAE 50
$\eta$ (Pa.s)	0,088	0,290	0,700

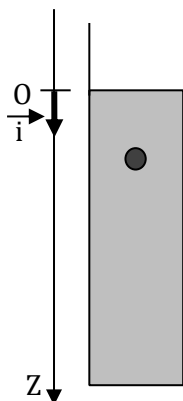


Figure 2

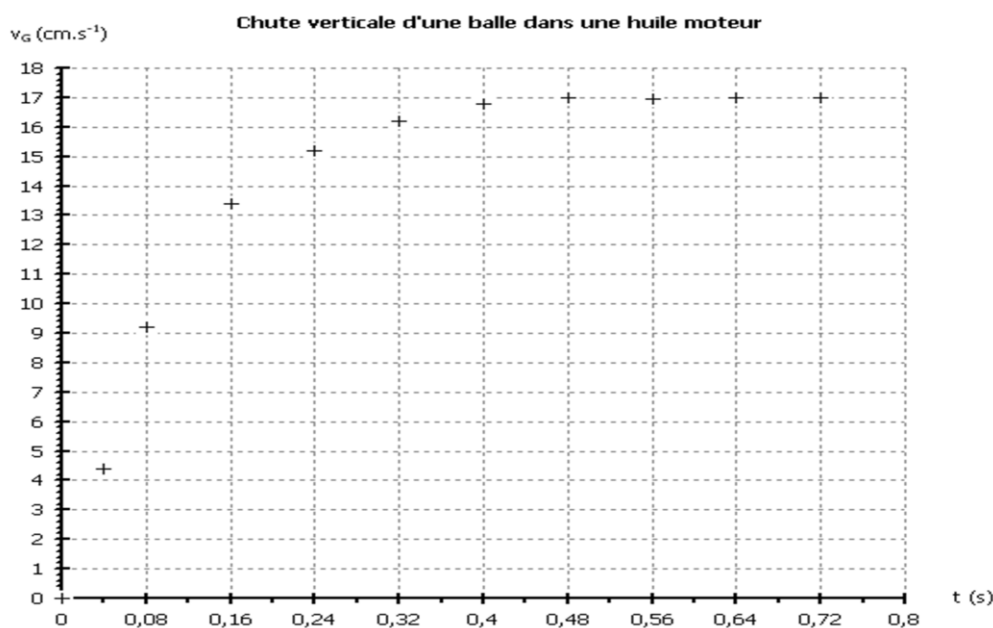


Figure 3

## EXERCICE 3 Séparation et identification d'ions 20 POINTS

On admettra que la masse d'un ion  ${}^{A_i}X^q$  est  $m_i = A_i \cdot u$  où  $u$  est la masse d'un nucléon ( $u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg).

On considère le spectrographe de masse schématisé à la figure 4. Des atomes de zinc sont ionisés dans la chambre d'ionisation (1) ; les ions  ${}^{68}\text{Zn}^{2+}$  et  ${}^{70}\text{Zn}^{2+}$  obtenus sont introduits avec une vitesse initiale nulle par le trou A dans la chambre d'accélération (2) où règne un champ électrique uniforme créée par une tension  $U_1 = V_A - V_C$  positive. Les ions sont alors accélérés vers le trou C par lequel ils pénètrent avec une vitesse  $\vec{V}_{oi}$  dans la chambre de déviation (3) où règne un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  orthogonal au plan de la figure 5.

3.1. Quel est la direction et le sens du vecteur champ électrique dans la chambre d'accélération (2).

3.2. Quelle est la nature du mouvement d'un ion dans la chambre d'accélération (2). Etablir l'expression de la vitesse  $V_{oi}$  de chaque ion en fonction de  $e$ ,  $m_i$  et  $U_1$

3.3. Dans la chambre (3) de déviation :

3.3.1. Montrer que le mouvement d'un ion s'effectue dans un plan que l'on précisera puis montrer que ce mouvement est circulaire uniforme.

3.3.2. Exprimer  $R_1$  et  $R_2$  respectivement rayons des trajectoires des ions  ${}^{68}\text{Zn}^{2+}$  et  ${}^{70}\text{Zn}^{2+}$  en fonction de  $e$ ,  $B$ ,  $U_1$  et  $m_1$  ou  $m_2$ . En déduire l'expression de  $\frac{R_2}{R_1}$  en fonction de  $A_1$  et  $A_2$ . Calculer ce rapport.

3.3.3. Donner en justifiant le sens de  $\vec{B}$  pour que les ions tombent aux point  $M_1$  et  $M_2$

3.3.4. Les ions  ${}^{68}\text{Zn}^{2+}$  de masse  $m_1$  tombent au point  $M_1$  Tel que  $OM_1 = 20$  cm ; en déduire la valeur de  $OM_2$ ,  $M_2$  étant le point d'impact des ions  ${}^{70}\text{Zn}^{2+}$ .

3.4. Pour identifier des ions désignés par X, Y et Z portant chacun une charge de valeur absolue  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , on les introduit successivement en C avec la même vitesse  $V_{01}$  que les ions  $^{68}\text{Zn}^{2+}$ . Les trajectoires obtenues sont représentées sur la figure 5 et leur rayon ont pour valeur :  $R_X = 5,59 \text{ cm}$  ;  $R_Y = 6,76 \text{ cm}$  et  $R_Z = 10,30 \text{ cm}$ .

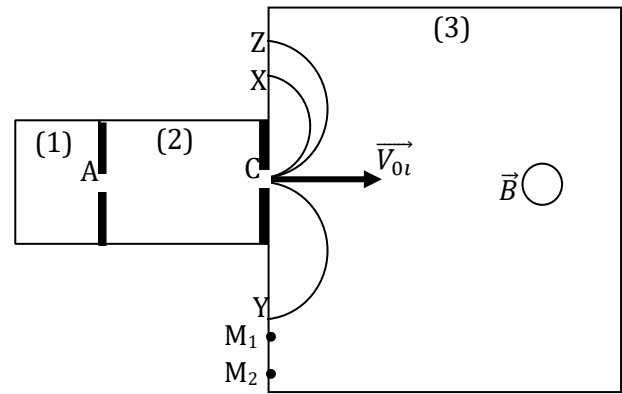
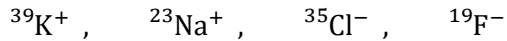


Figure 4

3.4.1. Indiquer en justifiant le signe de la charge portée par chaque ion.

3.4.2. Déterminer les nombre de masse respectifs  $A_X$ ,  $A_Y$  et  $A_Z$  des différents ions X, Y et Z.

3.4.3. Identifier les ions X, Y et Z dans la liste suivante :



#### EXERCICE 4 Charge et décharge d'un condensateur

20 POINTS

On considère le circuit-ci-contre formé par un générateur idéal de tension de f.é.m.  $E = 10\text{V}$ , un résistor de résistance  $R_1 = 500\Omega$ , un condensateur de capacité  $C$  et un autre résistor de résistance  $R_2$ . Un oscilloscope à mémoire permet de suivre l'évolution temporelle des deux tensions  $U_C$  et  $U_g$  respectivement aux bornes du condensateur et aux bornes du générateur ; le condensateur est initialement déchargé.

##### I. Etude de la charge du condensateur par le générateur

A la date  $t = 0$ , on bascule l'interrupteur en position 1. On obtient sur l'écran de l'oscilloscope (figure 6) les deux courbes A et B.

4.1. Identifier en justifiant les courbes A et B.

4.2. Reprendre le schéma du circuit de la figure 5 et y ajouter les branchements nécessaires à l'oscilloscope qui permettent d'observer les courbes A et B.

4.3. Etablir l'équation différentielle relative à la tension  $U_C$  aux bornes du condensateur.

4.4. Vérifier que  $U_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$  est solution de l'équation différentielle si  $\tau$  correspond à une constante que l'on exprimera.

4.5. Déterminer  $\tau$  graphiquement. En déduire la valeur de la capacité  $C$  du condensateur.

4.6. Calculer la valeur du rapport  $\frac{U_C}{E}$  si  $t = 5\tau$ . Conclure.

##### II/ Etude de la décharge du condensateur dans le résistor $R_2$

Le condensateur étant chargé, on bascule l'interrupteur sur la position 2 (voir figure 5).

4.7. Montrer que, lors de la décharge, l'équation différentielle vérifiée par la tension  $U_C$  est de la forme :

$$U_C + \frac{1}{\alpha} \frac{dU_C}{dt} = 0 \text{ . En déduire l'expression de } \frac{1}{\alpha}$$

4.8. La solution de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme  $U_C(t) = E e^{-\alpha t}$ .

4.8.1. Etablir l'expression de la fonction  $\ln U_C = f(t)$  ( $\ln$  est le logarithme népérien).

4.8.2. A l'aide d'un logiciel on a tracé la courbe représentative de la fonction  $\ln U_C = f(t)$ . En déduire l'expression numérique de la fonction  $\ln U_C = f(t)$ .

4.8.3. Déduire des deux expressions précédentes de  $\ln U_C = f(t)$  la valeur de la résistance du résistor  $R_2$ .

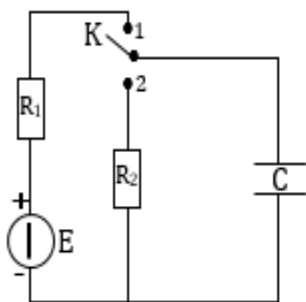


Figure 5

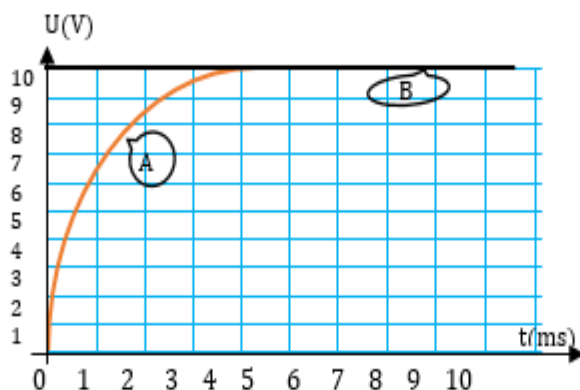


Figure 6

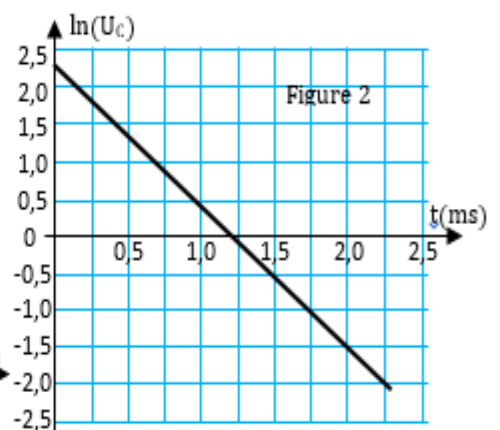


Figure 7

## EXERCICE 5 Médecine nucléaire 20 POINTS

La découverte de la radioactivité artificielle en 1934 par Irène et Frédéric Joliot-Curie a mis à la disposition des médecins et des biologistes une grande variété d'isotopes radioactifs conduisant à l'établissement de diagnostics précis.

Actuellement, le technétium 99 est très utilisé en médecine nucléaire car il présente les avantages suivants :

- sa durée de vie est courte et réduit l'irradiation du patient tout en étant compatible avec la durée de l'examen ;
- il peut être associé à de nombreuses molécules, ce qui permet l'étude de nombreux organes ;
- il est moins coûteux que d'autres isotopes radioactifs ;
- et enfin il peut être facilement mis à la disposition des médecins.

Données :

Noyau	technétium 97	technétium 99	molybdène 96	molybdène 99	deutérium
Symbole	$^{97}_{43}\text{Tc}$	$^{99}_{43}\text{Tc}$	$^{96}_{42}\text{Mo}$	$^{99}_{42}\text{Mo}$	$^2_1\text{H}$

Particule ou noyau	molybdène 99	technétium 99	proton	neutron	électron
Masse en u	98,88437	98,88235	1,00728	1,00866	0,00055

Unité de masse atomique	$1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$

### 5.1. Découverte du technétium.

Le technétium est un élément chimique de numéro atomique 43. Son nom vient du grec « technetos » qui signifie « artificiel ». C'est en effet le premier élément chimique produit sans avoir été découvert dans la nature. Tous les isotopes connus du technétium sont radioactifs. En 1937, Carlo Perrier et Emilio Segré ont synthétisé l'isotope 97 du technétium en bombardant du molybdène 96 avec du deutérium.

5.1.1. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?

5.1.2. Rappeler les lois de conservation qui régissent les réactions nucléaires.

5.1.3. Écrire l'équation de la réaction nucléaire de synthèse du technétium 97 sachant qu'une particule  $^A_Z\text{X}$  est émise.  
Nommer cette particule.

### 5.2. Production actuelle du technétium 99

Actuellement pour fabriquer du technétium 99, il existe des générateurs molybdène/technétium à l'intérieur desquels le molybdène 99 se désintègre en technétium 99.

5.2.1. Écrire l'équation de la désintégration du molybdène 99. De quel type de radioactivité s'agit-il ?

5.2.2. Calculer en joules et en MeV l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de molybdène 99.

### 5.3. Scintigraphie osseuse à l'aide du technétium 99.

Un patient va subir une scintigraphie osseuse. Cet examen se déroule en deux temps :

- l'injection intraveineuse d'un produit appelé diphosphonate marqué au technétium 99, ce produit se fixe préférentiellement sur les lésions osseuses du squelette (sa captation est maximale au bout de trois heures).
  - le technétium 99 produit est ensuite détecté par une gamma-caméra. Celle-ci fournit une image du squelette appelée scintigraphie où peuvent apparaître des zones fortement colorées indiquant une inflammation, un abcès ou une métastase.
- Un mardi à 14h, une infirmière injecte au patient une dose de technétium 99 d'activité  $A = 555 \text{ MBq}$ . Le temps de demi-vie du technétium 99 est  $t_{1/2} = 6,0 \text{ heures}$ .

5.3.1. Définir le terme « temps de demi-vie ».

5.3.2. Montrer que l'expression de l'activité peut se mettre sous la forme  $A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$ .

5.3.3. Calculer le nombre de noyaux de technétium 99 reçus par le patient lors de l'injection.

À la fin de l'examen, l'activité est égale à 63% de sa valeur mesurée à 14h, juste après l'injection. Trouver l'heure de la fin de l'examen.

**FIN**