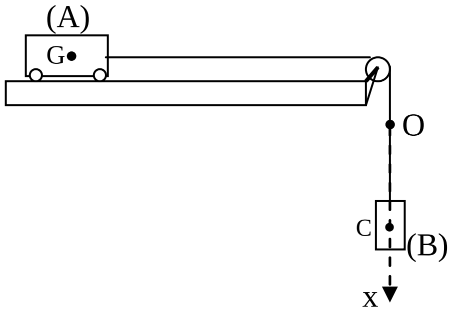
| وزارة التربية والتعليم العالي<br>المديرية العامة للتربية<br>دائرة الامتحانات | امتحانات الشهادة الثانوية العامة<br>الفرع : علوم عامة | الدورة الإستثنائية للعام<br>2010 |
|---|---|---|
| | مسابقة في مادة الفيزياء<br>المدة ثلاث ساعات | الاسم:<br>الرقم: |

**Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.**
**L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.**

## Premier exercice : (7 ½ points)

## Moment d'inertie d'une poulie




Dans le but de déterminer le moment d'inertie d'une poulie par rapport à son axe de rotation, on utilise le dispositif de la figure ci-contre, comportant un chariot (A), de masse M = 1 kg, attaché à un bloc (B), de masse m = 0,18 kg, au moyen d'un fil inextensible et de masse négligeable. Le fil passe sur la poulie de rayon r = 5 cm.
Un appareil approprié peut enregistrer, à des intervalles de temps successifs égaux à $\tau$ = 50 ms, l'abscisse $x = \overline{OC}$ des différentes positions occupées par le centre d'inertie C de (B) .
On néglige toutes les forces de frottement et on utilise g = 10 m/s$^2$.
Le tableau ci-dessous donne l'abscisse x de C et la mesure algébrique V de sa vitesse à des instants différents.

| t (ms) | $t_0 = 0$ | $t_1 = 50$ | $t_2 = 100$ | $t_3 = 150$ | $t_4 = 200$ |
|---|---|---|---|---|---|
| x (cm) | 0 | 0,175 | 0,7 | 1,575 | 2,8 |
| V (m/s) | 0 | 0,07 | 0,14 | 0,21 | 0,28 |

**A – Étude énergétique**

**1)** Calculer l'énergie cinétique de (B) à l'instant $t_4$ = 200 ms.

**2)** Calculer la variation de l'énergie cinétique de (B) entre les instants $t_0$ et $t_4$.

**3)** En appliquant le théorème de l'énergie cinétique ($\Delta E_C = \Sigma W$ ), calculer le travail effectué par la tension $\vec{T}_1$ qu'exerce le fil sur le bloc (B).

**4)** Montrer que la valeur $T_1$ de $\vec{T}_1$, supposée constante, est égale à 1,548 N.

**B – Étude dynamique**

**1)** Calculer les valeurs $P_0, P_1, \ldots P_4$ de la quantité de mouvement $\vec{P}$ du chariot (A) respectivement aux instants $t_0, t_1, \ldots t_4$.

**2)** **a)** Tracer le graphique représentant les variations de P en fonction du temps.
**b)** Montrer que l'équation correspondant au graphique peut être écrite sous la forme :
P = kt + b où k et b sont des constantes à déterminer.

**3)** En appliquant à (A) la deuxième loi de Newton :
**a)** déterminer la relation entre les constantes k, M et la mesure algébrique a de l'accélération du mouvement et en déduire la valeur de a ;
**b)** montrer que la valeur $T_2$ de la tension $\vec{T}_2$ qu'exerce le fil sur le chariot (A) vaut 1,40 N.

**C – Détermination du moment d'inertie de la poulie**

**1)** Préciser les forces qui s'exercent sur la poulie.

**2)** En appliquant le théorème du moment cinétique, déterminer le moment d'inertie de la poulie par rapport à son axe de rotation.

**<u>Deuxième exercice</u> : (7 ½ points)**

## Identification de deux dipôles

On dispose d'un générateur G, présentant à ses bornes une tension constante E , d'un générateur G', présentant à ses bornes une tension alternative sinusoïdale d'expression :
$u = 5\sqrt{2}\sin 2\pi ft$ (u en V et t en s) de fréquence f réglable, d'un ampèremètre (A) de résistance négligeable, de deux dipôles ($D_1$) et ($D_2$) dont l'un est une bobine d'inductance L et de résistance r et l'autre un condensateur de capacité C, d'un interrupteur K et de fils de connexion. (Prendre : $\frac{1}{\pi} = 0,32$)

Dans le but d'identifier chacun de ces deux dipôles et de déterminer leurs caractéristiques, on réalise les expériences suivantes et on prend des mesures après que le circuit ait atteint le régime permanent.

**A – <u>Première expérience</u>**

Chacun des deux dipôles, pris séparément, est alimenté par le générateur G.
En régime permanent :

- Le circuit comportant ($D_1$) n'est parcouru par aucun courant.
- Le circuit comportant ($D_2$) est parcouru par un courant d'intensité I = 1 A et consomme une puissance de 5 W.

**1)** Déterminer la nature de ($D_1$).
**2)** Déterminer la résistance r de la bobine.

**B – <u>Deuxième expérience</u>**

Chacun des deux dipôles, pris séparément, est alimenté par le générateur G' , la tension u étant de fréquence f = 50 Hz.
En régime permanent :

- Le circuit comportant le condensateur est parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité $i_1$ de valeur efficace $I_1$ = 50 mA et ne consomme aucune puissance (Fig. 1).
- La bobine est parcourue par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité $i_2$ de valeur efficace $I_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ A et consomme une puissance moyenne de 2,5 W (Fig. 2).

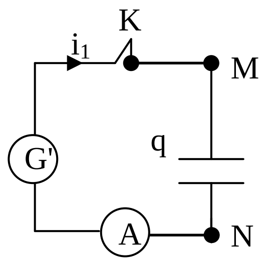


Fig1

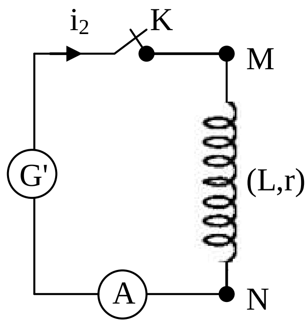


Fig 2

**1)** Déterminer le déphasage entre $i_1$ et u et celui entre $i_2$ et u.
**2)** Écrire, en le justifiant, les expressions de $i_1$ et $i_2$ en fonction du temps.
**3)** **a)** Montrer que $i_1 = C\frac{du}{dt}$.
**b)** En déduire la valeur de C.
**4)** **a)** Écrire la relation qui lie u, $i_2$, r et L.
**b)** En utilisant les expressions de u et $i_2$ en fonction du temps et en donnant à t une valeur particulière, déterminer la valeur de L.

**C – <u>Troisième expérience</u>**

En réalité, les valeurs de r et L coïncident avec celles inscrites sur la bobine. Pour s'assurer de la valeur de C, on réalise une expérience qui consiste à brancher, en série, la bobine et le condensateur aux bornes de G'. En donnant à f différentes valeurs, on constate que l'intensité efficace dans le circuit prend une valeur maximale pour $f = f_0 = 225$ Hz.

**1)** Pour la fréquence $f_0$, le circuit est le siège d'un phénomène électrique particulier. Nommer ce phénomène.
**2)** Déterminer la valeur de C.

**<u>Troisième exercice</u> : (7 ½ points)**

## Aspect ondulatoire de la lumière et ses applications

Le but de cet exercice est de mettre en évidence l'exploitation d'un phénomène lumineux dans la mesure des petits déplacements

**A – Diffraction**

Un laser éclaire, sous une incidence normale, une fente rectiligne F, de largeur a, pratiquée dans un écran opaque (P). La lumière transmise de F est reçue sur un écran (E), parallèle à (P) et situé à 3 m de (P) (Fig.1).

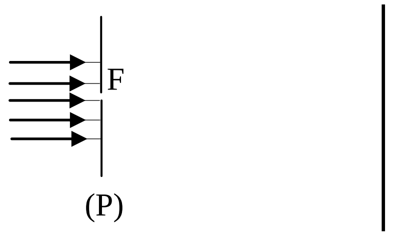



Fig.1

**1)** Décrire la figure observée sur (E) dans les deux cas suivants:
  **a)** $a = a_1 = 1$ cm.
  **b)** $a = a_2 = 0{,}5$ mm.

**2)** Il est impossible d'isoler un rayon lumineux en diminuant la largeur de la fente. Pourquoi?

**3)** On opère avec la fente de largeur $a_2 = 0{,}5$ mm. La largeur de la tache centrale de diffraction observée sur (E) est 7,2 mm. Montrer que la longueur d'onde de la lumière utilisée est $\lambda = 600$ nm.

**4)** On enlève l'écran (P). Un cheveu, de diamètre d, est tendu à la place de la fente F. On obtient sur l'écran une figure de diffraction. La mesure de la largeur de la tache centrale de diffraction donne 12 mm. Déterminer la valeur de d.

**B – Interférences**

Afin de mesurer le petit déplacement d'un appareil, on fixe l'écran (P) à cet appareil. Dans un écran (P'), on pratique deux fentes très fines et parallèles $F_1$ et $F_2$ distantes de 1 mm.
On reprend l'expérience précédente et on introduit (P') entre (P) et (E). (P) et (P') sont parallèles et se trouvent à une distance D' = 1 m l'un de l'autre.

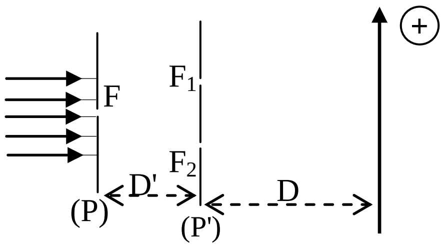



Fig.2

La fente F, pratiquée dans (P), est équidistante des deux fentes $F_1$ et $F_2$. La fente F est éclairée par la source laser de longueur d'onde $\lambda = 600$ nm. Un phénomène d'interférences est observé sur l'écran (E) qui est situé à une distance D = 2 m de (P').

**1)** Faire un schéma montrant la région où pourront apparaître des franges d'interférences.

**2)** Préciser, en le justifiant, la position du centre O de la frange centrale.

**3)** Un point M de l'écran se trouve à la distance $d_1$ de $F_1$ et à la distance $d_2$ de $F_2$ tel que: $d_2 = d_1 + 1500$ nm. Le point M est au centre de la troisième frange sombre. Pourquoi ?

**4)** On compte sur (E) 11 franges brillantes. Calculer la distance d séparant les centres des franges brillantes extrêmes.

**5)** On fait subir à l'appareil et par suite à la fente F un déplacement z du côté de $F_2$, normalement au plan médiateur de $F_1F_2$ , la nouvelle position de F étant notée F'. On remarque que la frange centrale occupe maintenant la position déjà occupée par la troisième frange brillante.
  **a)** Expliquer pourquoi la frange centrale se déplace sur l'écran et déterminer le sens de ce déplacement.
  **b)** En un point N de (E), d'abscisse x par rapport à O, on peut écrire :

$$(F'F_2N) - (F'F_1N) = \frac{ax}{D} + \frac{az}{D'}$$ . Calculer la valeur de z.

**<u>Quatrième exercice</u> : (7 ½ points)**

## Les neutrons et la fission nucléaire dans un réacteur

On donne : m($^{235}_{92}U$) = 234,99332 u ; m(I) = 138,89700 u ; m(Y) = 93,89014 u ;

$m_n$= m($^{1}_{0}n$) = 1,00866 u ; 1 u = 931,5 MeV/$c^2$.

Dans un réacteur à uranium 235, la fission d'un noyau ($^{235}_{92}U$) sous l'impact d'un neutron thermique donne naissance à différentes paires de fragments avec émission de quelques neutrons. Les plus probables paires de fragments ont des nombres de masse proches de 95 et de 140. Une des réactions typiques de fission est celle qui donne naissance à l'iode ($^{A}_{53}I$), à l'yttrium ($^{94}_{Z}Y$) et à 3 neutrons.

**A –** Déterminer Z et A.

**B –** **1)** Montrer que la perte de masse dans cette réaction vaut $\Delta m$ = 0,18886 u.

**2)** Déterminer, en MeV, l'énergie E libérée par cette réaction de fission.

**3)** Sachant que chaque neutron formé a une énergie cinétique moyenne $E_0$ = 1 % E.
Calculer $E_0$.

**4)** Pour qu'un neutron, produit par la réaction de fission, puisse provoquer une nouvelle fission nucléaire d'un noyau d'uranium 235, il doit avoir une énergie cinétique faible, proche de $E_{th}$ = 0,025 eV (neutron thermique). En vue de diminuer l'énergie cinétique d'un neutron produit de $E_0$ à $E_{th}$, ce neutron doit subir des collisions successives avec des noyaux au repos plus lourds de masse M = 2 $m_n$, dits, noyaux« ralentisseurs » ; ces collisions sont supposées élastiques et les vitesses colinéaires.

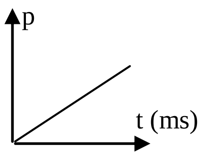
**a)** En utilisant les lois de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique, montrer qu'après chaque collision, le neutron rebondit avec le tiers (1/3) de sa vitesse initiale.

**b)** Déterminer, en fonction de $E_0$, l'expression de l'énergie cinétique $E_l$ du neutron après la première collision. En déduire, en fonction de $E_0$, l'expression de l'énergie cinétique $E_k$ du neutron après la kième collision.

**c)** Calculer le nombre k de chocs nécessaires pour que l'énergie d'un neutron passe de $E_0$ à 0,025 eV.

| | | |
|---|---|---|
| وزارة التربية والتعليم العالي<br>المديرية العامة للتربية<br>دائرة الامتحانات | امتحانات الشهادة الثانوية العامة<br>الفرع : علوم عامة | الدورة الإستثنائية للعام<br>**2010** |
| **مشروع معيار التصحيح** | مسابقة في مادة الفيزياء<br>المدة ثلاث ساعات | **الاسم:**<br>**الرقم:** |

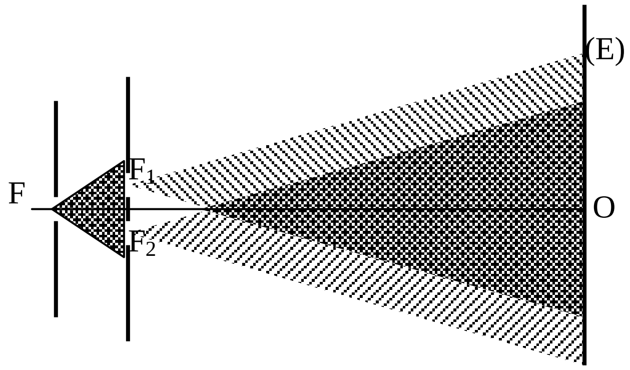
## Premier exercice (7.5 points)

| | | |
|---|---|---|
| A.1 | $E_C(t_4) = \frac{1}{2}\, m V_4^2 = 7{,}056 \times 10^{-3}$ J. | 0.5 |
| A.2 | Variation de l'énergie cinétique de B:<br>$\Delta E_C = 7{,}056 \times 10^{-3} - 0 = 7{,}056 \times 10^{-3}$ J. | 0.5 |
| A.3 | Les forces agissantes sur (B), sont: la tension $\vec{T}_1$ vers le haut et le poids $\vec{P}_1$ de (B).<br>$\Delta E_C = W(\vec{T}_1) + W(\vec{P}_1) = W(\vec{T}_1) + mg(x_4 - x_0)$<br>$7{,}056 \times 10^{-3} = W(\vec{T}_1) + 0{,}18 \times 10 \times (2{,}8 \times 10^{-2} - 0) \Rightarrow$<br>$W(\vec{T}_1) = -43{,}344 \times 10^{-3}$ J | 1 |
| A.4 | $W(\vec{T}_1) = -T_1(x_4 - x_0) \Rightarrow -43{,}344 \times 10^{-3} = -T_1(2{,}8 \times 10^{-2})$<br>$\Rightarrow T_1 = 1{,}548$ N | 0.5 |
| B.1 | $P = MV$; $P_0 = 0$ kg·m/s; $P_1 = 0{,}07$ kg·m/s; $P_2 = 0{,}14$ kg·m/s;<br>$P_3 = 0{,}21$ kg·m/s; $P_4 = 0{,}28$ kg·m/s. | 0.5 |
| B.2.a |  | 1 |
| B.2.b | le graphique de P en fonction du temps est une droite: $P = kt + b$.<br>pour $t = 0, P = 0 = b$; k = pente du graphique = 1,40 kg·m/s$^2$. | 1 |
| B.3.a | $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{k} = M\vec{a} \Rightarrow a = 1{,}40$ m/s$^2$ | 1 |
| B.3.b | Les forces agissantes sur le chariot sont: $\vec{T}_2$ horizontale et $\vec{P}_2$ le poids de (A) et la réaction normale $\vec{R}$.<br>Appliquons la deuxième loi de Newton: $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$.<br>$\vec{T}_2 + \vec{P}_2 + \vec{R} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, projection horizontale: $T_2 = \frac{dP}{dt} = k = 1{,}40$ N | 0.5 |
| C.1 | Les forces agissantes sont : $\vec{T}'_1$, $\vec{T}'_2$, $\vec{P}_p$ et $\vec{R}_N$. | 0.5 |
| C.2 | $\sum moments(\vec{F}_{ext}) = I\ddot{\theta}$ donne $(T_1 - T_2)\, r = I\ddot{\theta} = I\frac{a}{r}$,<br>Qui donne $I = 2{,}643 \times 10^{-4}$ kg·m$^2$. | 0.5 |

## Deuxième exercice (7.5 points)

| Partie de la Q. | Corrigé | Note |
|---|---|---|
| A.1 | **$D_1$** est un condensateur, car sous une tension constante, le circuit, en régime permanent, n'est parcouru par aucun courant en fin de sa charge. | 0.5 |
| A.2 | $P = r\,I^2 \Rightarrow r = 5\ \Omega$ | 0.5 |
| B.1 | La puissance $P = UI\cos\varphi$.<br>Pour le condensateur : $P = 0 \Rightarrow \cos\varphi_1 = 0 \Rightarrow \lvert\varphi_1\rvert = \frac{\pi}{2}$ rd.<br>Pour la bobine : $P = 2{,}5$ W et $I_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ A $\Rightarrow 2{,}5 = 5\times\frac{\sqrt{2}}{2}\cos\varphi_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$<br>$\lvert\varphi_2\rvert = \frac{\pi}{4}$ rd. | 0.5<br><br><br>0.5 |
| B.2 | Dans le cas d'un circuit comportant C, $i_1$ est en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à u, $i_1 = 0{,}05\sqrt{2}\,\sin(100\pi t+\frac{\pi}{2})$ ;<br>Dans le cas d'un circuit RL : $i_2$ est en retard de $\frac{\pi}{4}$ par rapport à u,<br>$i_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{2}\sin(100\pi t-\frac{\pi}{4}) \Rightarrow i_2 = \sin(100\pi t-\frac{\pi}{4})$ | 0.5<br><br>0.5 |
| B.3.a | $i_1 = \frac{dq}{dt}$ et $q = Cu \Rightarrow i_1 = C\frac{du}{dt}$ | 0.5 |
| B.3.b | $i_1 = C\frac{du}{dt} = 5\sqrt{2}\times 100\pi C\cos 100\pi t = 500\,\pi\,C\sqrt{2}\,\sin(100\pi t+\frac{\pi}{2})$<br>En comparant les amplitudes : $500\,\pi\,C\sqrt{2} = 0{,}05\sqrt{2}$<br>$\Rightarrow C = 32\times10^{-6}$ F ou 32 µF | 1.5 |
| B.4.a | $u = ri_2 + L\frac{di_2}{dt}$. | 0.5 |
| B.4.b | $5\sqrt{2}\,\sin 100\pi t = 5\sin(100\pi t-\frac{\pi}{4}) + L\times 100\pi\cos(100\pi t-\frac{\pi}{4})$<br>Pour t = 0 : $0 = -5\frac{\sqrt{2}}{2} + L\times100\pi\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow L = 0{,}016$ H ou 16 mH | 1 |
| C.1 | Résonance d'intensité | 0.5 |
| C.2 | $LC\omega_0^2 = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = 31{,}6\ \mu F$ | 0.5 |

## Troisième exercice (7.5 points)

| Partie de la Q. | Corrigé | Note |
|---|---|---|
| A.1.a | $a = a_1 = 1$cm : on observe une tache lumineuse | 0.5 |
| A.1.b | $a = a_2 = 0{,}5$ mm : on observe une figure de diffraction : des taches alternées brillantes et sombres situées de part et d'autre d'une tache centrale plus brillante que les franges brillantes latérales et de largeur double | 0.75 |
| A.2 | Pour isoler un rayon lumineux, un faisceau doit traverser un trou de très petit diamètre. À cause de la diffraction la lumière, ce faisceau se diffracte et le rayon n'est pas isolé . | 0.25 |
| A.3 | La largeur angulaire de la tache centrale de diffraction est $\alpha = \frac{2\lambda}{a_2} = \frac{\ell}{D}$ + Figure $\Rightarrow \lambda = 600$ nm | 1 |
| A.4 | $\alpha = 2\frac{\lambda}{d} = \frac{\ell'}{D}$ <br> $\Rightarrow d = 3\times10^{-4}$ m = 0,3 mm | 0.5 |
| B.1 |  | 0.5 |
| B.2 | la frange centrale est caractérisée par $\delta = 0$, donc sa position O est l'intersection de la médiatrice du segment $F_1F_2$ et l'écran. <br> Nature : brillante car $\delta = 0$ est justifiée par $\delta = k\lambda$ pour k = 0 | 0.5 |
| B.3 | $\delta = d_2 - d_1 = 1500$ nm ; $\frac{\delta}{\lambda/2} = 5 = (2k + 1) \Rightarrow k = 2$ | 1 |
| B.4 | $d = 10\ i = 10\ \frac{\lambda D}{a} = 12$ mm | 0.5 |
| B.5.a | Puisque la frange centrale est caractérisée par $\delta = 0$ et comme le chemin $OF_1F' > OF_2F'$ , alors la différence de marche en O n'est pas nulle , la frange centrale se déplace. <br> Soit O' la nouvelle position : $O'F_1F' = O'F_2F'$ , puisque $FF_2$ est plus petit que $FF_1$ il faut que $O'F_2$ soit plus grand que $O'F_1$ , O' au dessus de O | 1 |
| B.5.b | Si O' coïncide avec N, alors $\delta_N = 0$ et par suite $\frac{ax}{D} + \frac{a\,z}{D'} = 0$ <br> $\Rightarrow z = -\frac{D'x}{D}$ ; la frange brillante d'ordre 3 se forme normalement au point d'abscisse $x = 3\ \frac{\lambda D}{a} = 3{,}6\times10^{-3}$ m ou 3,6 mm. <br> Ainsi $z = \frac{-1\times 3{,}6}{2} = -1{,}8$ mm | 1 |

## Quatrième exercice (7 points)

| Partie de la Q. | Corrigé | Note |
|---|---|---|
| A | ${}_{0}^{1}n + {}_{92}^{235}U \longrightarrow {}_{53}^{A}I + {}_{Z}^{94}Y + 3\,{}_{0}^{1}n$<br>$1 + 235 = A + 94 + 3 \Rightarrow A = 139$ ;<br>$0 + 92 = 53 + Z + 0 \Rightarrow Z = 39$ | 0.5 |
| B.1 | $\Delta m = 1{,}00866 + 234{,}99332 - 138{,}89700 - 93{,}89014 - 3\times 1{,}00866$<br>$\Delta m = 0{,}18886$ u | 2 |
| B.2 | L'énergie $E = \Delta m\, c^2 = 0{,}18886\times 931{,}5 = 175{,}92$ MeV. | 1 |
| B.3 | $E_0 = 1{,}759$ MeV. | 0.5 |
| 4.a | Conservation de la quantité de mouvement :<br>$m_nV_0 + 0 = m_nV_1 + 2m_n V' \Rightarrow V_0 - V_1 = 2V'$ (1) ;<br>Choc élastique :<br>$\frac{1}{2} m_n V_0^2 = \frac{1}{2} m_n V_1^2 + \frac{1}{2} 2m_n V'^2 \Rightarrow V_0^2 - V_1^2 = 2V'^2$ (2) ;<br>(1) et (2) $\Rightarrow V_1 = \frac{-V_0}{3}$ | 2 |
| 4.b | $\frac{1}{2} m_n V_1^2 = \frac{1}{2} m_n \frac{V_0^2}{9} \Rightarrow E_1 = \frac{E_0}{9}$ et $E_k = (\frac{1}{9})^k E_0 = \frac{E_0}{9^k}$ | 1 |
| 4.c | $0{,}025 = \frac{1{,}76\times 10^6}{9^k} \Rightarrow k\ln 9 = \ln(\frac{1{,}76\times 10^6}{0{,}025}) \Rightarrow k = 8.$ | 0.5 |