وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	الدورة الإستثنائية للعام 2012
	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: 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) Oscillateur mécanique

Une tige rigide métallique MN, de masse m = 0,25 kg, peut glisser sans frottement sur deux rails métalliques PP' et QQ' parallèles et horizontaux. Au cours de ce glissement, la tige reste perpendiculaire aux rails. Ces deux rails, séparés d'une distance ℓ, sont connectés par un conducteur ohmique de résistance R (figure 1). On néglige la résistance de la tige et des rails.

A- Induction électromagnétique

L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme et vertical $\vec{B}$ dirigé vers le haut et de valeur B. La position de G, centre d'inertie de la tige, est repérée par son abscisse x sur un axe horizontal $(O, \vec{i})$ où O correspond à la position de G à $t_0 = 0$. On pose O'O = d. À une date t, G a pour abscisse $\overline{OG} = x$ et une vitesse $\vec{v}$ de mesure algébrique v (figure 1).

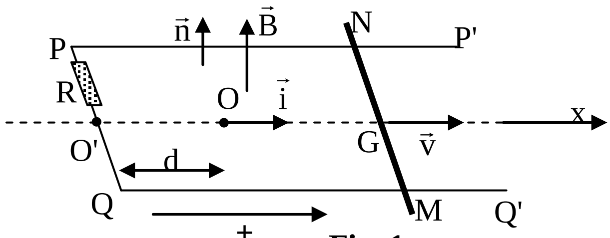

Fig. 1

1) En tenant compte du sens positif indiqué sur la figure 1, montrer que l'expression du flux magnétique à travers la surface limitée par le circuit MNPQ, est donnée par $\varphi = B(d+x)\ell$.
2) **a)** Établir l'expression de la f.é.m. induite « e » aux bornes de la tige MN en fonction de ℓ, B et v.
   b) **i)** Établir l'expression de l'intensité i du courant électrique induit dans le circuit en fonction de R, ℓ, B et v.
   ii) Déduire le sens du courant induit.
3) Montrer que l'expression de la force électromagnétique $\vec{F}$ qui s'exerce sur la tige s'écrit sous la forme : $\vec{F} = \frac{-B^2\ell^2}{R}\vec{v}$.

B- Oscillations libres non amorties

On élimine le champ magnétique $\vec{B}$.
Le centre d'inertie G de la tige est attaché à un ressort de masse négligeable, de longueur à vide L_0 = O'O = d et de raideur k = 50 N/m. Ainsi à l'équilibre l'abscisse de G est x = 0.
La tige, déplacée d'une distance X_m = 10 cm dans le sens positif, est lâchée sans vitesse initiale à une date $t_0 = 0$; la tige oscille alors autour de sa position d'équilibre. À une date t, G a pour abscisse x et pour vitesse $\vec{v}$ de mesure algébrique v (figure 2).

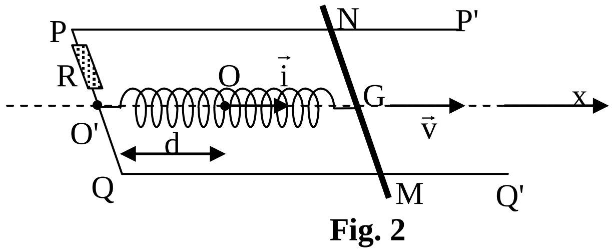

Fig. 2

1) Écrire, en fonction de m, v, k et x, l'expression de l'énergie mécanique du système (tige, ressort, Terre). Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
2) Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de G.
3) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $x = A \cos(\omega t + \phi)$. Déterminer les valeurs des constantes ω, A et ϕ (A > 0).

C- Oscillations libres amorties

Le dispositif de la figure 2 est placé maintenant dans le champ magnétique $\vec{B}$. La tige est de nouveau déplacée de X_m = 10 cm dans le sens positif, puis lâchée sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$; la tige oscille alors autour de sa position d'équilibre. À une date t, G a pour abscisse x et pour vitesse $\vec{v}$ de mesure algébrique v (figure 3).

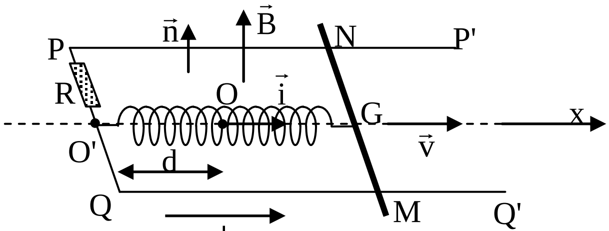

Fig. 3

1) Calculer, à $t_0 = 0$, l'énergie mécanique du système (tige, ressort, Terre). Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

2) Au cours de son mouvement, l'oscillateur perd de l'énergie mécanique.

a) Montrer que la puissance de la force électromagnétique $\vec{F}$, exercée sur la tige, est donnée par : $P = \dfrac{-B^2\ell^2v^2}{R}$.

b) Déterminer l'expression de la puissance perdue par effet Joule dans le conducteur ohmique en fonction de B, ℓ, v et R.

c) Déduire sous quelle forme l'énergie de l'oscillateur est-elle dissipée ?

3) Après quelques oscillations, la tige s'arrête. Donner, en Joules, la valeur de l'énergie totale dissipée par l'oscillateur au cours de son mouvement.

<u>Deuxième exercice</u> : (7 ½ points) Détermination des caractéristiques d'une bobine

Dans le but de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine, on place la bobine en série dans un circuit comportant un condensateur de capacité C = 160 µF et un générateur (GBF) délivrant, entre ses bornes, une tension alternative sinusoïdale :

$$u_g = u_{AD} = 20\sin(100\pi t),\quad (u_g \text{ en V}, t \text{ en s}).$$

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i. Un oscilloscope branché dans le circuit permet de visualiser sur la voie Y_A la tension $u_g = u_{AD}$, et sur la voie Y_B la tension $u_C = u_{BD}$ (figure 1). Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure 2.

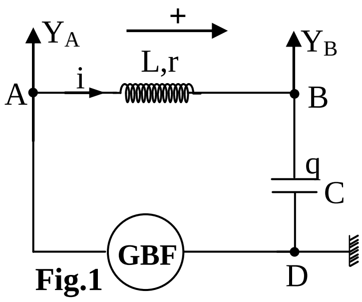

Fig.1

Prendre : $\pi = \dfrac{1}{0{,}32}$.

1) Sachant que la sensibilité verticale S_V est la même pour les deux voies, calculer sa valeur.

2) Calculer le déphasage entre u_g et u_C. Laquelle des deux tensions est en retard sur l'autre ?

3) Déduire l'expression de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.

4) En utilisant la relation entre l'intensité i et la tension u_C, déterminer l'expression de i en fonction du temps.

5) En appliquant la loi d'addition des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, déterminer r et L.

6) Pour s'assurer des valeurs de L et r précédemment calculées, on procède de la façon suivante:

- on mesure la puissance moyenne consommée par le circuit pour ω =100π rad/s et on trouve 8,66 W.
- on fait varier la fréquence f de u_g tout en maintenant constante sa valeur maximale, et on trouve que pour f = 71 Hz l'intensité efficace du courant dans le circuit prend une valeur maximale.

Déterminer les valeurs de r et L.

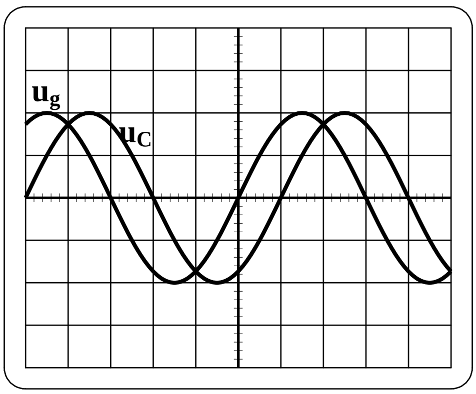

Fig. 2

<u>Troisième exercice</u> : (7 ½ points) Diffraction et interférence de la lumière

Une source de lumière laser émet un faisceau cylindrique de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 640$ nm dans l'air.

A- Diffraction

Ce faisceau tombe normalement sur un écran vertical (P) muni d'une fente horizontale F_1 de largeur a. Le phénomène de diffraction est observé sur un écran (E) parallèle à (P) et situé à la distance D = 4 m de (P).
On prend sur (E) un point M tel que M coïncide avec la $2^{ème}$ tache sombre comptée à partir de O, milieu de la frange centrale brillante. OIM = θ (θ est faible) est l'angle de diffraction de la deuxième tache sombre (figure 1).

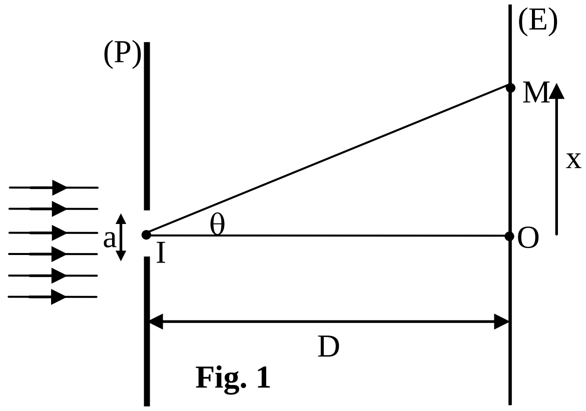

Fig. 1

1) Écrire l'expression de θ en fonction de a et λ.
2) Déterminer l'expression de OM = x en fonction de a, D et λ.
3) Déterminer la valeur de a si OM = 1,28 cm.
4) On remplace la fente F_1 par une autre F_1' de largeur 100 fois plus grande que celle de F_1.
   Qu'observe-t-on alors sur l'écran ?

B- Interférence

On pratique dans (P) une autre fente F_2 identique et parallèle à F_1 et telle que F_1F_2 = a'=1 mm. Le faisceau laser éclaire normalement les deux fentes F_1 et F_2. On observe alors sur (E) des franges d'interférences. O' est la projection orthogonale du point I' milieu de F_1F_2 sur le plan (E) (figure 2).

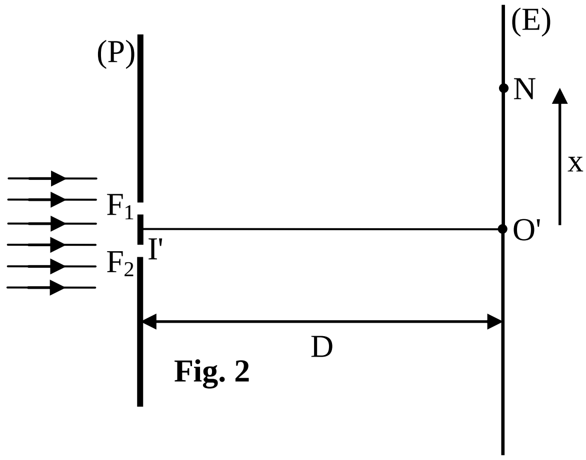

Fig. 2

1) **a)** À quoi est du le phénomène d'interférence ?
   b) Décrire les franges observées sur (E).
2) On considère sur (E) un point N tel que O'N = x.
   a) Écrire en fonction de a', x et D, l'expression de la différence de marche optique $\delta = F_2N - F_1N$.
   b) Si N est le milieu d'une frange sombre d'ordre k, écrire en fonction de k et λ, l'expression de la différence de marche optique δ en N.
   c) Déduire l'expression de x en fonction de a', D, k et λ.
   d) Sachant que l'interfrange i est la distance entre les centres de deux franges sombres consécutives, déduire alors l'expression de i en fonction de λ, D et a'.
3) On plonge le dispositif de la figure 2 dans l'eau d'indice de réfraction n.
   a) **i)** L'interfrange i varie et devient i'. Pourquoi ?
   ii) Montrer que $i' = \frac{i}{n}$.
   b) On éloigne parallèlement (E) de (P) d'une distance $d = \frac{4}{3}$ m à partir de sa position initiale. On remarque que l'interfrange reprend sa valeur initiale i.
   Déduire alors la valeur de n.

Quatrième exercice : (7 ½ points) **Réacteurs nucléaires**

On donne:

- unité de masse atomique $1u = 931{,}5\ MeV/c^2 = 1{,}66\times10^{-27}$ kg
- $1\ MeV = 1{,}6\times10^{-13}$ J
- masse des particules (en u) : antineutrino $^{0}_{0}\bar{\nu} \approx 0$; électron $^{0}_{-1}e : 5{,}5\times10^{-4}$; neutron $^{1}_{0}n : 1{,}0087$;

Élément	**Molybdène**		**Technétium**		**Tellure**
Nucléide	$^{101}_{42}Mo$	$^{102}_{42}Mo$	$^{101}_{43}Tc$	$^{102}_{43}Tc$	$^{135}_{52}Te$
Masse (en u)	100,9073	101,9103	100,9073	101,9092	134,9167

Élément	**Uranium**		**Neptunium**	**Plutonium**
Nucléide	$^{235}_{92}U$	$^{238}_{92}U$	$^{239}_{93}Np$	$^{239}_{94}Pu$
Masse (en u)	235,0439	238,0508	239,0533	239,0530

Lire attentivement le texte suivant sur les réacteurs nucléaires à neutrons rapides, puis répondre aux questions posées.

« …la matière de base de l'énergie nucléaire est l'uranium naturel qui contient deux isotopes: l'uranium 235 et l'uranium 238…

… Les réacteurs nucléaires à neutrons rapides (surrégénérateurs), emploient l'uranium 235 ou le plutonium 239 (ou les deux à la fois) comme combustibles. Dans chaque réacteur on dispose autour du cœur constitué d'uranium 235 ($^{235}_{92}U$), une couverture constituée essentiellement d'uranium 238 ($^{238}_{92}U$) fertile. Cette couverture peut capter des neutrons rapides, issus de la réaction de fission de l'uranium 235.

Ces réacteurs transforment davantage d'atomes d'uranium 238 en plutonium 239.

En définitive, dans les réacteurs à neutrons rapides bien étudiés, la quantité de matière fissile créée excède notablement celle qui est consommée ; c'est ce qu'on exprime en disant qu'ils sont surrégénérateurs… »

<u>Questions</u> :

1) **a)** Qu'appelle-t-on isotopes d'un élément ?

b) Donner la composition de chacun des noyaux d'uranium 235 et d'uranium 238.

2) Dans le réacteur, l'uranium 238 réagit avec les neutrons rapides suivant la réaction :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow X \qquad \text{(réaction 1)}$$

Le noyau X obtenu est radioactif et par deux émissions β^- successives se transforme en plutonium :

$$X \longrightarrow ^{0}_{-1}e + Y + ^{0}_{0}\bar{\nu} \qquad \text{(réaction 2)}$$

$$Y \longrightarrow ^{0}_{-1}e + {}_{94}Pu + ^{0}_{0}\bar{\nu} \qquad \text{(réaction 3)}$$

a) Identifier X et Y.

b) Déduire l'équation bilan de la réaction nucléaire entre un noyau $^{238}_{92}U$ et un neutron rapide conduisant au plutonium 239 (réaction 4).

3) Le plutonium 239 ($^{239}_{94}Pu$) est fissile et peut réagir avec des neutrons suivant la réaction :

$$^{239}_{94}Pu + ^{1}_{0}n \longrightarrow B + ^{135}_{52}Te + 3\,^{1}_{0}n \qquad \text{(réaction 5)}$$

a) Identifier B.

b) Calculer, en MeV/c^2, le défaut de masse Δm de la réaction 5.

c) Déduire, en Mev, l'énergie libérée E lors de la fission d'un noyau de plutonium.

d) Trouver, en joules, l'énergie libérée par la fission d'un kilogramme de plutonium.

4) À l'aide des réactions 4 et 5 justifier la définition du « surrégénérateur » donnée dans le texte.

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	الدورة الإستثنائية للعام 2012
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Premier exercice : Oscillateur mécanique		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
A.1	Le flux $\varphi = \vec{B}\,S\,\vec{n} = BS\cos\theta = B(d+x)\ell$; $\theta = 0$	½
A.2.a	la f.é.m. induite e : $e = -\frac{d\varphi}{dt} = -B\ell v$;	½
A.2.b.i	L'intensité i du courant électrique induit : $i = e/R = -B\ell v/R$;	½
A.2.b.ii	$i < 0$, donc le sens de i est opposé au sens positif choisi, il passe de N vers M dans la tige.	¼
A.3	La force de Laplace s'oppose au mouvement (d'après la loi de Lenz : le courant induit s'oppose par ses effet électromagnétique à la cause qui lui a donné naissance). $F = i\ell B = (\frac{-B\ell v}{R}).B\ell = \frac{-B^2\ell^2 v}{R} \Rightarrow \vec{F} = -\frac{B^2\ell^2}{R}\vec{v}$	**1**
B.1	$E_m = ½\, mv^2 + ½\, kx^2$.	½
B.2	Pas de frottement, conservation de l'énergie mécanique, E_m = constante. Dérivons E_m par rapport au temps : $\frac{dE_m}{dt} = 0$; $mv\dot{v} + kx\dot{x} = 0 \Rightarrow m\ddot{x} + kx = 0$ ($v = \dot{x}$ et $\dot{v} = \ddot{x}$) $\Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$.	¾
B.3	$\dot{x} = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$ et $\ddot{x} = -\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi)$. En remplaçant dans l'équation différentielle $\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 14{,}1$ rd/s Pour $t_0 = 0$, $\dot{x} = 0 = \omega A\sin(\varphi) = 0 \Rightarrow \sin(\varphi) = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ ou π. De même : Pour $t_0 = 0$, $x = X_m = A\cos(\varphi) > 0$ et $A > 0$, donc $\varphi = 0$ et A = 10 cm.	**1 ½**
C.1	L'énergie mécanique initiale est : $E_m(0) = ½\, k\, x_0^2 = ½\, 50 \times 0{,}01 = 0{,}25$ J.	½
C.2.a	La puissance de la force $\vec{F}$ est : $\vec{F}\cdot\vec{v} = P = -\frac{B^2\ell^2v^2}{R}$.	¼
C.2.b	La puissance perdue par effet Joule : $Ri^2 = R\times(B\ell v/R)^2 = \frac{B^2\ell^2v^2}{R}$.	½
C.2.c	Puisque $\lvert P_{\text{électromagnétique}}\rvert = \lvert P_{\text{thermique}}\rvert$ donc l'énergie mécanique se transforme totalement en chaleur dans le conducteur ohmique.	½
C.3	L'énergie totale dissipée = $E_m = 0{,}25$ J.	¼

Deuxième exercice : Détermination des caractéristiques d'une bobine		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
1	La tension maximale aux bornes du générateur correspond à 2 div $\Rightarrow$ $S_V = 20/2 = 10V/div$	½
2	La différence de phase correspond à 1 division et la période couvre 6 divisions $\varphi = \lvert\varphi\rvert = \frac{1\times 2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ rad. u_C est en retard sur u_g	**1**
3	$(U_C)_{max} = 20V$, $\omega = 100\pi$ et u_C est en retard par rapport à u_g $\Rightarrow u_C = 20\sin(100\pi t - \pi/3)$	**1**
4	$i = C\frac{du_c}{dt}$; $\frac{du_C}{dt} = 2.10^3\pi\cos(100\pi t - \pi/3)$ $\Rightarrow i = 160.10^{-6}.2.10^3\pi.\cos(100\pi t-\pi/3) = \cos(100\pi t-\pi/3)$	**1 ½**
5	$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$. $20\sin(100\pi t) = ri + L\frac{di}{dt} + u_C$ $20\sin(100\pi t) = r\cos(100\pi t-\pi/3) - 100\pi L\sin(100\pi t-\pi/3) + 20\sin(100\pi t-\pi/3))$ * pour $100\pi t = \pi/3$ on obtient : $20\frac{\sqrt{3}}{2} = r \Rightarrow r = 10\sqrt{3}\,\Omega$ * pour t = 0 on obtient : $L = \frac{1}{10\pi} = 0{,}032H$	**2**
6	La puissance électrique est consommée seulement dans la résistance de la bobine : $P = r(I_{eff})^2 = 8{,}66 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 r \Rightarrow r = 17{,}3\Omega$ Le phénomène mis en évidence est la résonance d'intensité. Dans ce cas on a : $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ou $LC\omega^2 = 1 \Rightarrow L = 0{,}03$ H.	**1 ½**

Troisième exercice : Diffraction et interférence de la lumière		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
A.1	M est une frange sombre si $\sin\theta = n\frac{\lambda}{a} = \theta$, la 2ème frange : n =2 donc $\theta = 2\frac{\lambda}{a}$	**1**
A.2	$\tan\theta = \theta = \frac{OM}{D} = \frac{x}{D}$ donc $\mathbf{x} = OM = D\cdot\theta = \frac{2D\lambda}{a}$	¾
A.3	$a = \frac{2\lambda D}{x} = 0.4mm$	¾
A.4	On observe une tache éclairée	½
B.1.a	Il est du à la superposition de 2 ondes lumineuses	½
B.1.b	Franges brillantes et obscures, parallèles, rectilignes et équidistantes	½
B.2.a	$\delta = \frac{a'x}{D}$	¼
B.2.b	$\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$	¼
B.2.c	$x = (2k+1)\frac{\lambda D}{2a'}$	½
B.2.d	$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a'}$	½
B.3.a.i	$i = \frac{\lambda D}{a}$ et λ varie car la célérité de la lumière varie en passant dans l'eau $\Rightarrow$ i varie	½
B.3.a.ii	$\lambda' = \frac{v}{f}$ et $v = c/n \Rightarrow \lambda' = \lambda/n$; $i' = \lambda'D/a' = \lambda D/na' = i/n$	¾
B.3.b	$D' = D + d$; $i = \lambda(D + d)/na' = \lambda D/a'$ donc $n = (D + d)/D = 1,33$	¾

Quatrième exercice : Réacteurs nucléaires		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
1.a	On appelle isotopes des noyaux qui ont même numéro atomique Z et des nombres de masse A différents.	½
1.b	les noyaux d'uranium comportent 92 protons et, 143 neutrons pour ${}^{235}_{92}U$, 146 neutrons pour ${}^{238}_{92}U$.	½
2.a	${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{92}X$ (réaction 1) ; ${}^{239}_{92}X$ est un isotope de l'uranium. ${}^{239}_{92}U \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{239}_{93}Y + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. (réaction 2) ${}^{239}_{93}Y$ est noyau de neptunium ${}^{239}_{93}Np$. ${}^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{239}_{94}Pu + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. (réaction 3).	1 ½
2.b	L'addition (1) + (2) + (3) donne l'équation bilan de la réaction necléaire conduisant à la formation de plutonium : ${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\,{}^{0}_{0}\bar{\nu}$. (réaction 4).	1
3.a	${}^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{102}_{42}B + {}^{135}_{52}Te + 3\,{}^{1}_{0}n$ (réaction 5). B est ${}^{102}_{42}Mo$ est un noyau de molybdène.	½
3.b	$\Delta m = 239{,}053 + 1{,}0087 - (101{,}9103 + 134{,}9167 + 3\times 1{,}0087$ $= 0{,}2086\ u = 0{,}2086 \times 931{,}5\ MeV/c^2 = 194{,}\ 3\ MeV/c^2$.	1
3.c	$E = \Delta m \times c^2 = 194{,}\ 3\ MeV$.	½
3.d	Nombre de noyaux de plutonium dans une masse de 1 kg est $N = \dfrac{1}{1{,}66\times 10^{-27}\times 239{,}053} = 2{,}52\times 10^{24}$ $E' = 2{,}52\times 10^{24} \times 194{,}\ 3 \times 1{,}6\times 10^{-13} = 7{,}83\times 10^{13}$ J.	1 ½
4	Sous l'action d'un neutron incident, un noyau de plutonium réagit selon l'équation (5) et libère trois neutrons au cours de sa fission. Sur ces trois neutrons : - un est utilisé à entretenir la réaction de fission de plutonium; - les deux autres sont disponibles pour réagir avec l'uranium 238 pour créer deux atomes de plutonium.Pour un noyau de plutonium fissile consommé, deux noyaux de plutonium sont créés. Cela justifie l'appelation de surrégénérateur donné à un tel réacteur.	½