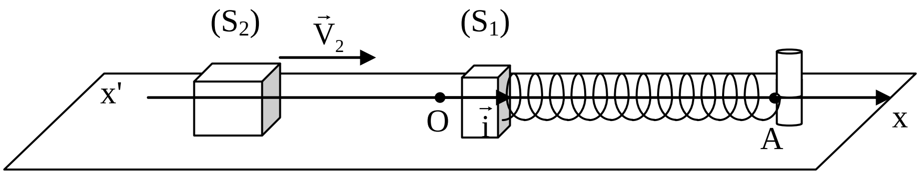
الدورة العادية للعام 2010	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.

<u>L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.</u>

<u>Premier exercice</u> : (7,5 points) Oscillateur mécanique

Deux solides (S_1) et (S_2), de masses respectives $m_1 = 100$ g et $m_2 = 500$ g, peuvent glisser sur une table horizontale. Le solide (S_1) est fixé à une extrémité d'un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de constante de raideur k = 25 N/m, l'autre extrémité A du ressort étant fixée à un obstacle (Voir figure ci-dessous). (S_2) est lancé vers (S_1) et atteint, juste avant le choc, la vitesse $\vec{V}_2 = V_2\,\vec{i}$ où $V_2 = 0,48$ m/s. Au moment du choc, (S_2) se colle sur (S_1) et juste après le choc, à la date $t_0 = 0$, l'ensemble forme un seul solide (S) de centre d'inertie G et se lance avec la vitesse $\vec{V}_0 = V_0\,\vec{i}$. Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



A – Étude théorique

On néglige toute force de frottement.

1) Montrer que $V_0 = 0,40$ m/s.

2) Après le choc, (S), toujours lié au ressort, poursuit son mouvement. À une date t, on repère la position de G par son abscisse x sur l'axe $(O, \vec{i})$, $v = \frac{dx}{dt}$ étant la mesure algébrique de la vitesse de G. L'origine O des abscisses correspond à la position de G à la date $t_0 = 0$.

a) Calculer l'énergie mécanique du système [(S), ressort, Terre] à la date $t_0 = 0$.

b) Donner, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), ressort, Terre] en fonction de m_1, m_2, k, x et v.

c) En déduire que l'abscisse de G est 6,2 cm lorsque v s'annule pour la première fois.

3) **a)** Établir l'équation différentielle du second ordre qui décrit le mouvement de G.

b) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $x = X_m \sin(\omega_o t + \varphi)$.

i) Déterminer les valeurs des constantes X_m , ω_o et φ.

ii) Calculer la valeur de la période propre T_0 des oscillations de G et déduire le temps t_1 mis par G pour passer de la position O à la position où v s'annule pour la première fois.

B – Étude expérimentale

En réalité, (S), toujours lancé à la date $t_0 = 0$ avec la vitesse $\vec{V}_0$, effectue des oscillations de pseudo-période très voisine de T_0. La vitesse de G s'annule alors pour la première fois à la date t_1 mais son abscisse est de 6 cm.

1) Déterminer l'énergie perdue au bout de t_1.

2) Un dispositif approprié (D), relié convenablement à l'oscillateur, sert à compenser l'énergie perdue. Calculer la puissance moyenne fournie par (D).

3) L'oscillateur est au repos. On enlève le dispositif (D) et l'obstacle. L'extrémité A du ressort est reliée à un vibreur, qui vibre le long du ressort, avec une fréquence f de valeur réglable.
   a) En régime permanent, (S) effectue des oscillations de fréquence f. Pourquoi ?
   b) Pour une certaine valeur f_1 de f, l'amplitude des oscillations de (S) passe par un maximum.
      i) Nommer le phénomène mis ainsi en évidence.
      ii) Calculer la valeur de f_1.

<u>Deuxième exercice</u> : (7,5 points)

Durée de la charge et de la décharge d'un condensateur

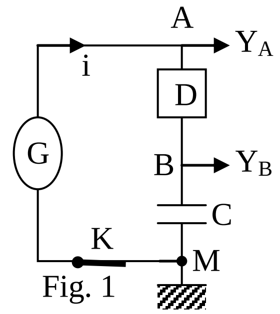


Fig. 1

On réalise le montage du circuit de la figure 1, où G est un générateur délivrant un signal carré (E, 0) de période T (Fig. 2), D un conducteur ohmique de résistance R = 10 kΩ et (C) un condensateur de capacité C = 0,2 μF. Un oscilloscope visualise la tension $u_g = u_{AM}$ aux bornes de G et la tension $u_C = u_{BM}$ aux bornes de (C).

A- Étude théorique

Charge de (C)

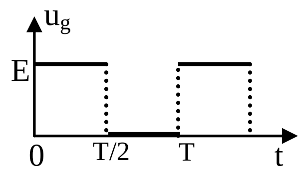


Fig.2

Au cours de la charge de (C), à une date t, la tension u_g vaut E et l'intensité du courant est i.

1) Donner l'expression de i en fonction de C et $\frac{du_C}{dt}$.

2) Établir, pour $0 \leq t \leq \frac{T}{2}$, l'équation différentielle vérifiée par u_C.

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme:

   $u_C = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, où A et τ sont des constantes.

   a) Déterminer, en fonction de E, R et C, les expressions de A et τ.
   b) Tracer l'allure du graphique représentant les variations de u_C en fonction du temps et indiquer sur le graphique les points correspondant à A et τ.

Décharge de (C)

4) Au cours de la décharge de (C), à une date t, la tension u_g est égale à 0. En considérant la date $\frac{T}{2}$ comme nouvelle origine des temps (début de la décharge), vérifier que $u_C = E\,e^{-\frac{t}{\tau}}$.

5) a) Quelle doit être la durée minimale de la charge pour que u_C atteigne pratiquement la valeur E?

   b) Quelle est alors la valeur minimale de T?

B – Étude expérimentale

1) Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure 3.

a) Quelle courbe correspond à la charge du condensateur ? Justifier la réponse.

b) Calculer la valeur de E et celle de la période du signal carré.

2) **a)** On augmente la fréquence de la tension délivrée par G (Fig.4).
Déterminer la période T du signal carré.
Justifier la forme de l'oscillogramme de la figure 4 qui représente les variations de u_C.

b) On continue à augmenter la fréquence de la tension délivrée par G. L'oscillogramme de u_C devient presque triangulaire. Pourquoi ?

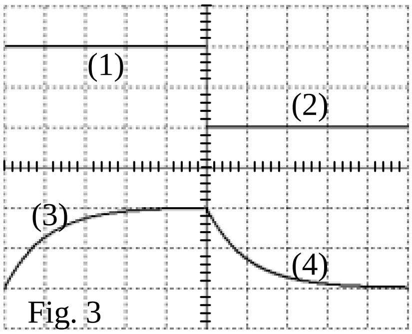


Fig. 3

S_V = 5 V/div; S_h = 2 ms/div.

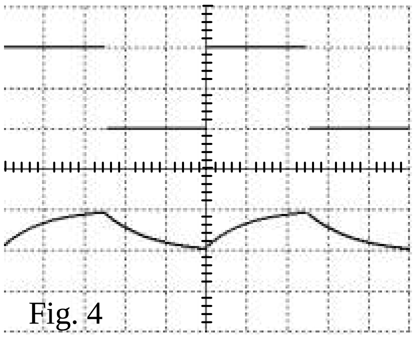


Fig. 4

S_V = 5 V/div; S_h = 1 ms/div.

<u>Troisième exercice</u> : (7,5 points) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ où E_n est exprimée en eV et n est un entier naturel non nul.

Données :

Constante de Planck : $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J.s ; 1nm = 10^{-9} m ;
célérité de la lumière dans le vide $c = 3\times10^{8}$ m/s ; 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J ;
spectre visible dans le vide : 400 nm $\leq \lambda \leq$ 750 nm.

La série de Lyman représente l'ensemble des radiations émises par l'atome d'hydrogène suite à la désexcitation des niveaux $n \geq 2$ vers le niveau fondamental n = 1.

1) **a)** On dit que l'énergie d'un atome est quantifiée.
Qu'entend-on par « énergie quantifiée » ?

b) Écrire l'expression de l'énergie d'un photon associé à une radiation de longueur d'onde λ dans le vide.

2) **a)** Montrer que les longueurs d'onde λ dans le vide des radiations de la série de Lyman, exprimées en nm, sont données par la relation: $\lambda = 91{,}3\left(\frac{n^2}{n^2-1}\right)$.

b) **i)** Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_1 maximale de la radiation de la série de Lyman.

ii) Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_2 minimale de la radiation de la série de Lyman.

iii) Les radiations de la série de Lyman appartiennent-elles au domaine visible, ultraviolet ou infrarouge ? Justifier la réponse.

3) Une lampe à hydrogène éclaire maintenant une surface métallique de zinc de longueur d'onde seuil λ_S = 270 nm.

a) Définir la longueur d'onde seuil d'un métal.

b) Des électrons sont émis par la surface métallique de zinc. Pourquoi ?

c) L'énergie cinétique maximale E_C d'un électron émis par une radiation de la série de Lyman est comprise entre les valeurs a et b: $a \leq E_C \leq b$. Déterminer, en eV, les valeurs de a et b.

d) L'énergie cinétique de ces électrons émis est quantifiée. Pourquoi ?

<u>Quatrième exercice</u> : (7,5 points) Un réacteur nucléaire « Le surgénérateur »

Lire attentivement l'extrait du texte suivant :

« …..Les réacteurs nucléaires à neutrons rapides emploient l'uranium 238 ou le plutonium 239 (ou les deux à la fois) comme combustibles…….Le principe d'un surgénérateur est de produire, à partir de l'uranium 238, au moins autant, sinon plus, de matériau fissile que le réacteur n'en brûle, et le bilan global serait une consommation d'uranium 238 seul, matériau relativement abondant comparé à l'uranium 235….. »

<u>Données :</u>

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^8$ m/s ; masse d'un neutron ($^{1}_{0}n$) : 1,0087 u.

1 u = 931,5 MeV/c^2 = $1,66\times10^{-27}$ kg ; 1 MeV = $1,6\times10^{-13}$ J;

Elément	TELLURE	TECHNÉTIUM	MOLYBDÈNE	PLUTONIUM	NEPTUNIUM
Nucléide	$^{135}_{52}Te$	$^{102}_{43}Tc$	$^{102}_{42}Mo$	$^{239}_{94}Pu$	$^{239}_{93}Np$
Masse (u)	134,9167	101,9092	101,9103	239,0530	239,0533

1) Relever du texte un indicateur qui montre, à énergie égale produite dans la centrale nucléaire, que l'uranium 238 présente un avantage sur l'uranium 235.

2) Dans un réacteur surgénérateur, l'uranium 238 réagit avec un neutron rapide selon la réaction suivante :

$$^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A}_{Z}X. \quad (1).$$

Le noyau obtenu $^{A}_{Z}X$ est radioactif; il se transforme en plutonium fissile selon les équations suivantes.

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{0}_{0}\bar{\nu}. \quad (2)$$

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{239}_{94}Pu + {}^{0}_{0}\bar{\nu} \quad (3).$$

a) Identifier $^{A}_{Z}X$ et $^{A_1}_{Z_1}X_1$.

b) Écrire l'équation bilan de la réaction nucléaire entre un noyau d'uranium 238 et un neutron conduisant au plutonium 239. (Cette réaction sera appelée réaction (4)).

c) Dire, pour chacune des réactions précédentes, si elle est une réaction spontanée ou provoquée.

3) Le plutonium $^{239}_{94}Pu$ peut réagir avec un neutron suivant la réaction :

$$^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{102}_{42}Mo + {}^{135}_{52}Te + 3\,{}^{1}_{0}n. \quad (5)$$

a) Calculer, en MeV/c^2, la perte de masse Δm par cette réaction.

b) En déduire, en MeV, l'énergie E libérée par la fission d'un noyau de plutonium.

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

4) On suppose que chaque réaction de fission produit 3 neutrons. En utilisant ce qui précède, montrer que le rôle de l'un de ces trois neutrons est en accord avec la phrase de l'extrait :
« …….. produire, à partir de l'uranium 238, au moins autant, sinon plus, de matériau fissile que le réacteur n'en brûle … ».

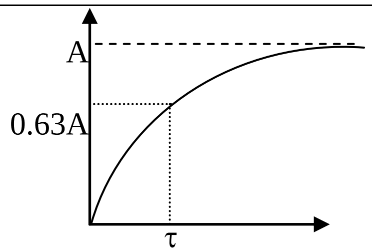
الدورة العادية للعام **2010**	**امتحانات الشهادة الثانوية العامة** **الفرع : علوم عامة**	**وزارة التربية والتعليم العالي** **المديرية العامة للتربية** **دائرة الامتحانات**
الاسم: **الرقم:**	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	**مشروع معيار التصحيح**

Première exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	La quantité de mouvement du système, se conserve au cours du choc $m_2 \overrightarrow{V_2} + \vec{0} = (m_1 + m_2)\vec{V}_0$ $\Rightarrow V_0 = \dfrac{m_2}{m_1 + m_2} V_2$; $V_0 = \dfrac{500}{600} \times 0{,}48 = 0{,}40$ m/s	
A.2.a	$E_m = ½ Mv^2 + ½ kx^2$; $E_{PP} = 0$, $t = 0 \Rightarrow x = 0$, $V = V_0$ $E_m(t_0 = 0) = ½ M V_0^2 = ½ \times 0{,}6 \times (0{,}4)^2 = 0{,}048$ J ;	
A.2.b	$ME = ½ (m_1 + m_2) v^2 + ½ kx^2$	
A.2.c	Pas de frottement $\Rightarrow E_m$ = constante $\Rightarrow ½ (m_1 + m_2) v^2 + ½ kx^2 = ½ (m_1 + m_2) V_0^2$. Pour v = 0, $X_m^2 = \dfrac{M}{k} V_0^2 = \dfrac{0{,}600}{25}(0{,}4)^2 \Rightarrow X_m = 0{,}062$ m = 6,2 cm.	
A.3.a	$E_m = ½ (m_1 + m_2) v^2 + ½ kx^2$ = constante quelconque soit t. $\dfrac{dE_m}{dt} = 0 = (m_1 + m_2) vx'' + kxv$ et $v \neq 0$ au cours des oscillations $\Rightarrow x'' + \dfrac{k}{(m_1 + m_2)} x = 0$.	
A.3.b.i	$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$; $v = x' = X_m \omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$; $x'' = - X_m \omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi)$. On remplace : $- X_m \omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi) + \dfrac{k}{M} X_m \sin(\omega_0 t + \varphi) = 0$ $\Rightarrow \omega_0^2 = \dfrac{k}{M}$ $\Rightarrow$ la pulsation propre est $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{M}} = \sqrt{\dfrac{25}{0{,}6}} = 6{,}45$ rd/s. À la date $t_0 = 0$, $V_0 = 0{,}40$ m/s $\Rightarrow 0{,}4 = X_m \times 6{,}45 \cos(\varphi)$ et $x_0 = 0$ $\Rightarrow X_m \sin\varphi = 0 \Rightarrow \sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ ou π Or $\cos(\varphi) > 0 \Rightarrow \varphi = 0$ rd Pour $\varphi = 0$, $X_m = \dfrac{0{,}4}{6{,}45} = 0{,}062$ m = 6,2 cm. On obtient x (cm) = 6,2sin(6,45 t)	
A.3.b.ii	La période propre est $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \dfrac{1}{6{,}45} = 0{,}974$ s	

	$t_1 = T_0/4 = 0,243$ s.	
B.1	La perte d'énergie est $E = \lvert \Delta E_m \rvert = ½\ k(X_m^2 - X_{m1}^2) = 3,05\times10^{-3}$ J	
B.2.	Puissance moyenne des forces de frottement : $P_{moy} = \frac{E}{t_1} = 1,25\times10^{-2}$ W.	
B.3.a	La fréquence est f qui est celle du vibreur, car l'oscillateur effectue des oscillations forcées	
B.3.b.i	C'est le phénomène de résonance d'amplitude	
B.3.b.ii	$T \approx T_0$ et $f_1 \approx 1/T_0 \Rightarrow f_1 = 1,03$ Hz.	

Deuxième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	$i = \frac{dq_B}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$.	
A.2	Pour $0 \le t \le T/2$, $u_g = E = u_R + u_C = Ri + u_C$ $\Rightarrow RC\frac{du_C}{dt} + u_C = E$.	
A.3.a	$\frac{du_C}{dt} = A\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow RC\,A\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + A(1-e^{-\frac{t}{\tau}}). = E$ $\Rightarrow A\,e^{-\frac{t}{\tau}}(RC\frac{1}{\tau} -1) + A - E = 0$, quelque soit t $\Rightarrow A = E$ et $\tau = RC$.	
A.3.b	Voir figure 	
A.4	Pour $T/2 \le t \le T$; $0 = u_R + u_C = Ri + u_C \Rightarrow RC\frac{du_C}{dt} + u_C = 0$. $u_C = E\,e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\Rightarrow \frac{du_C}{dt} = -E\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$ Remplaçant chaque grandeur par sa valeur dans l'équation différentielle, on obtient : $-RC\,E\frac{1}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + E\,e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$; qui est vraie, puisque $\tau = RC$.	
A.5.a	La durée minimale de la charge ou de la décharge doit être 5τ.	
A.5.b	La valeur minimale de T doit être 10τ	
B.1.a	La courbe (3) correspond à la charge du condensateur puisque u_C croît avec le temps.	
B.1.b	E = 5 V/div×2 div = 10 V. la période T de la tension carrée = 2 ms/div×10 div = 20 ms.	
B.2.a	La période T de la tension carrée est maintenant : 1ms/div×5 div = 5 ms. La durée de la charge et de la décharge est maintenant inférieure à 5τ. Le	

	condensateur n'aura pas le temps de se charger ou de se décharger complètement.	
B.2.b	$T <<< 10\tau$, et courbe devient linéaire (droite) pendant la charge et la décharge	

Troisième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1.a	L'énergie d'un atome ne peut prendre qu'un certain nombre de valeurs discrètes .	
1.b	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$	
2.a	$E_n - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = -\frac{13{,}6}{n^2} - (-\frac{13{,}6}{1^2}) = 13{,}6\,(1 - \frac{1}{n^2}) = 13{,}6\,(\frac{n^2-1}{n^2}) \Rightarrow$ $\lambda = \frac{hc}{13{,}6}(\frac{n^2}{n^2-1})$. $\lambda = \frac{6{,}62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{13{,}6\times1{,}6\times10^{-19}}(\frac{n^2}{n^2-1}) = 0{,}913\times10^{-7}\,(\frac{n^2-1}{n^2})$ m $\lambda = 91{,}3\,\mathbf{(}\frac{n^2-1}{n^2})$ nm.	
2.b.i	L'énergie d'un photon étant inversement proportionnelle à sa longueur d'onde énergie minimale correspond à λ maximal = λ_1 $\Rightarrow$ transition à partir de n = 2 $\Rightarrow \lambda_1 = 91{,}3\,(\frac{4}{4-1}) = 122$ nm	
2.b.ii	énergie maximale correspond à n la plus grande $\Rightarrow n = \infty \Rightarrow \lambda_2 = 91{,}3$ nm.	
2.b.iii	$91{,}3 \le \lambda(\text{nm}) \le 122$ Le spectre de la série de Lyman appartient au domaine ultra-violet	
3.a	C'est la longueur d'onde maximale de la radiation incidente pour qu'il ya un effet photoélectrique.	
3.b	La longueur d'onde incidente est telle que $91{,}3 \le \lambda(\text{nm}) \le 122$, elle est inférieure donc à $\lambda_S = 270$ nm, on a donc émission des électrons	
3.c	La relation d'Einstein donne : $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_S} + E_C$ $\Rightarrow E_C = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_S} = hc(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_S})$; $(E_C)_{max} = b$ $b = hc(\frac{1}{\lambda_{min}} - \frac{1}{\lambda_S}) = 6{,}62\times10^{-34}\times3\times10^{8}(\frac{1}{91{,}3\times10^{-9}} - \frac{1}{270\times10^{-9}})$; $b = 0{,}725\times10^{-19}$ J = 0,453 eV. $(E_C)_{min} = a$ $a = hc(\frac{1}{\lambda_{max}} - \frac{1}{\lambda_S}) = 6{,}62\times10^{-34}\times3\times10^{8}(\frac{1}{122\times10^{-9}} - \frac{1}{270\times10^{-9}})$; $a = 0{,}449\times10^{-19}$ J = 0,281 eV.	

3.d	Dans la relation $E_C = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_S}$; les valeurs des λ sont discrètes $\Rightarrow$ les valeurs de E_C forment alors une suite discontinue $\Rightarrow$l'énergie cinétique des électrons émis est quantifiée.	

Quatrième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1	« … le bilan global serait une consommation d'uranium 238 seul, matériau relativement abondant comparé à l'uranium 235….. »	
2.a	${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A}_{Z}X$. **(1)** A = 239 ; Z = 92 donc ${}^{A}_{Z}X$ est ${}^{239}_{92}U$ ${}^{239}_{92}U \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. **(2)** A_1= 239 ; Z_1= 93, donc ${}^{A_1}_{Z_1}X_1$ est ${}^{239}_{93}N_P$	
2.b	**(1) +(2) +(3)** $\Rightarrow$ ${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{94}P_U + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\,{}^{0}_{0}\bar{\nu}$ **(4)**	
2.c	**(1) :** réac. provoquée ; **(2)** et **(3) :** spontanées**;** **(4) :** provoquée.	
3.a	Δm = 0,2086 u = 194,31 MeV/c^2	
3.b	E = m c^2 = 194,31 MeV	
3.c	Masse d'un noyau de plutonium 239 est : 239 u = $239\times1{,}6605\times10^{-27}$ kg **=** $396{,}86\times10^{-27}$ kg **N**ombre des noyaux contenus dans1 kg de plutonium 239 est : $\frac{1}{396{,}86\times10^{-27}} = 2{,}52\times10^{24}$ noyaux L'énergie libérée : $2{,}52\times10^{24}\times194{,}31 = 4{,}9\times10^{26}$ MeV = $7{,}83\times10^{13}$ J.	
4	Un neutron interagit avec l'uranium 238 pour former un autre noyau de plutonium. Ce qui montre que les noyaux de plutonium sont en excès dans la population des noyaux.	