Série n°1 — Les réactions nucléaires — Profs : Abdelmoula et Zribi

Exercice n°1 :

On donne : $m(^{137}_{55}Cs) = 136,8768$ u ; $m(^{137}_{56}Ba) = 136,8743$ u ; $C = 3.10^{8} m.s^{-1}$;
$1 MeV = 1,6.10^{-13} J$; $m_p = 1,0073$ u ; $m_n = 1,0087$ u ; $m(^{A}_{Z}X) = 5,5.10^{-4}$ u;
$1u = 1,66.10^{-27} kg$.

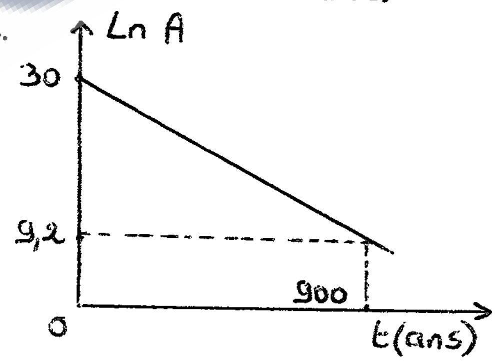
On considère le césium $^{137}_{55}Cs$.

1) a) Donner la définition de l'énergie de liaison E_l d'un noyau atomique.
   b) Calculer l'énergie de liaison du noyau $^{137}_{55}Cs$ (en MeV).

2) Le césium est radioactif. Il se désintègre en donnant du baryum $^{137}_{56}Ba$ avec émission d'une particule $^{A}_{Z}X$.
   a) Calculer les nombres Z et A en précisant les lois utilisées. Identifier alors $^{A}_{Z}X$ et écrire l'équation de cette désintégration.
   b) En analysant les noyaux père et fils, expliquer l'origine de la particule $^{A}_{Z}X$.
   c) Peut-on s'appuyer, dans ce cas particulier, sur les énergies de liaison pour comparer les stabilités des noyaux $^{137}_{55}Cs$ et $^{137}_{56}Ba$? Pourquoi ?

3) Montrer que cette réaction libère de l'énergie. Calculer l'énergie libérée lors de la désintégration de 2g de $^{137}_{55}Cs$.

4) On dispose d'une source radioactive contenant du césium 137, son activité initiale est A_0 et sa constante radioactive est λ. L'étude de la variation au cours du temps de l'activité A de cette source a permis de tracer la courbe:
   a) Définir l'activité d'une source radioactive.
   b) Trouver l'équation de cette courbe.
   c) Justifier théoriquement son allure.
   d) En déduire les valeurs de λ et A_0.



5) a) Définir la période radioactive T d'un élément radioactif.
   b) Etablir l'expression de T en fonction de λ. Calculer (en ans) sa valeur.

Exercice n°2 :

On donne : $m(^{235}_{92}U) = 235,044$ u ; $m(^{148}_{x}La) = 147,932$ u ; $m(^{85}_{35}Br) = 84,916$ u ;
$C = 3.10^{8} m.s^{-1}$; $1 MeV = 1,6.10^{-13} J$; $m_n = 1,0087$ u ; $1u = 1,66.10^{-27} kg$.

La capture d'un neutron par un noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ peut donner, par fission, les noyaux $^{148}_{x}La$, $^{85}_{35}Br$ et y neutrons.

1) a) Ecrire l'équation de la réaction de fission. Identifier x et y en le justifiant.
   b) Pourquoi la réaction de fission est-elle une réaction en chaîne ?

2) Calculer, en joule puis en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

3) En déduire, en Joule, l'énergie libérée par 1g d'uranium 235.

Série n° 2 — Les réactions nucléaires — Profs : Abdelmoula et Zribi

I) Le nucléide $^{135}_{54}Xe$ est radioactif du type β^-, le noyau obtenu suite à cette désintégration est le césium Cs.

1) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration. Expliquer l'origine de la particule β^-.

2) On étudie la désintégration d'un échantillon contenant des atomes de xénon 135. Soient N_0 et N les nombres de noyaux respectivement aux instants de dates t = 0 et t.

a) Donner, sans démonstration, l'expression de N en fonction de t et de la constante radioactive λ.

b) A l'aide d'un compteur, on détermine l'activité A de l'échantillon, les mesures sont faites toutes les heures. Soit t la date d'une mesure, montrer que $A = \lambda N$. En déduire que $A = A_0 e^{-\lambda t}$.
Exprimer le logarithme népérien de A en fonction du temps.

c) La figure 1 représente la courbe représentative de Log(A) = f(t).
Déterminer la valeur de λ.
En déduire la période radioactive T de Xénon 135.

II) On donne : $1u = 931{,}5 MeV.c^{-2} = 1{,}66.10^{-27} kg$.
Masse de la particule $\beta^+ = 0{,}0005486$ u.
Masses des noyaux intervenant dans les réactions nucléaires en unité de masse atomique u.

$^{4}_{2}He$	$^{27}_{13}Al$	$^{30}_{15}P$	$^{A}_{Z}X$
4,0015	26,9744	29,9701	1,0087

En 1934, Frédéric et Irène Joliot-Curie bombardaient de l'aluminium Al avec des noyaux d'hélium He et obtiennent des noyaux de phosphore P et une particule X, selon l'équation de la réaction nucléaire.

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{A}_{Z}X$$

1) a) Préciser en justifiant si cette réaction nucléaire est spontanée ou provoquée.

b) Déterminer la nature de la particule X en précisant les lois appliquées.

2) Cette réaction libère t-elle de l'énergie ? Calculer en MeV cette énergie pour un noyau de phosphore formé.

3) Le phosphore obtenu est radioactif et se désintègre en donnant des particules β^+ et du silicium Si.

a) Ecrire l'équation de désintégration du noyau de phosphore.

b) L'énergie libérée au cours de cette désintégration est $|\Delta E| = 3{,}2 MeV$, déterminer en kg la masse du noyau de silicium Si.

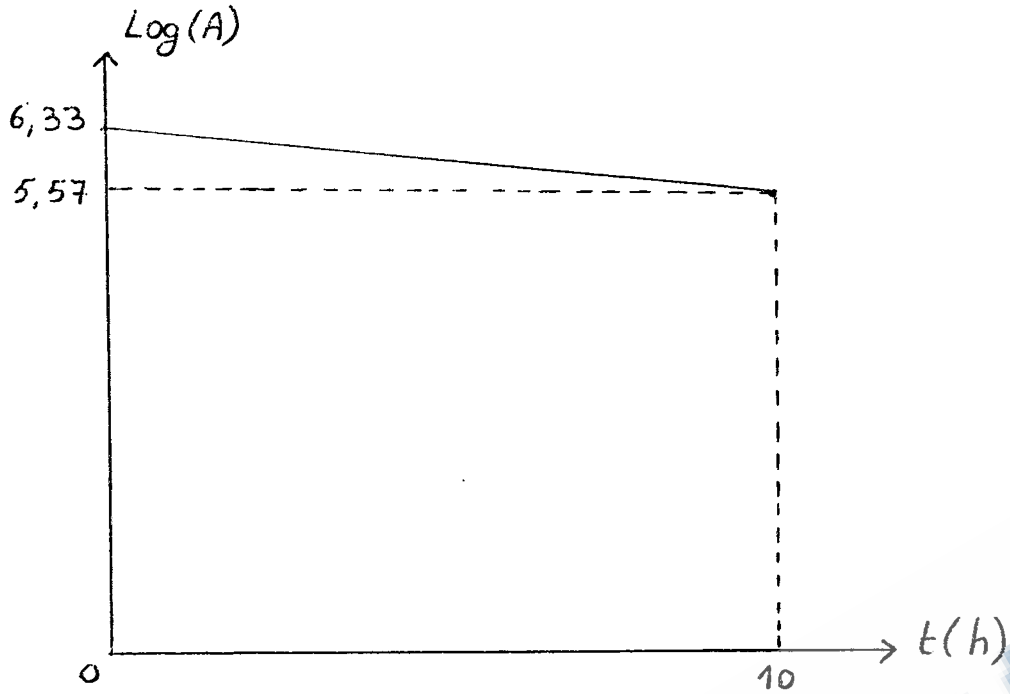


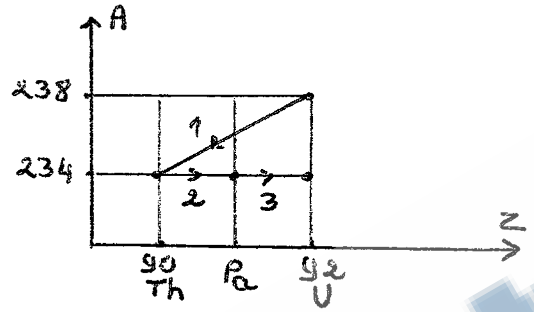
Fig. 1

Série n°3 Les réactions nucléaires Profs : Abdelmoula et Zribi

Les parties A et B sont indépendantes.

A) Les premiers nucléides de la famille radioactive de l'uranium sont donnés sur le graphe suivant : U : Uranium, Th : Thorium, Pa : Protactinium

1) Ecrire les équations-bilans des désintégrations 1, 2 et 3.
Expliciter brièvement les règles appliquées et préciser le type de radioactivité pour chaque désintégration ainsi que le nom et le symbole du nucléide X.



2) Dans la désintégration (1), l'énergie libérée vaut 4,195MeV.
a) Calculer, en kg, la diminution de masse qui accompagne cette transformation.
b) En supposant que toute l'énergie libérée est emportée par la particule émise de masse m = 4,0015 u sous forme d'énergie cinétique.
Calculer sa vitesse.
c) En réalité l'énergie cinétique de la particule émise est 4,000 MeV.
Calculer la longueur d'onde du photon γ émis et sa quantité de mouvement.
Expliquer l'origine de ce rayonnement.

On donne : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; $C = 3.10^{8}$ m.s^{-1} ; $1\,u = 1{,}67.10^{-27}$ kg ; $1\,MeV = 1{,}6.10^{-13}$ J
$N = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1} (nombre d'Avogadro).

B) Le potassium $^{40}_{19}K$ est radioactif. Il se désintègre pour donner l'argon $^{40}_{18}Ar$.

1) Ecrire l'équation de la désintégration.
Expliquer la provenance de la particule émise.

2) La période radioactive du potassium (40) est $T = 1{,}5.10^{9}$ ans.
a) Définir la période radioactive d'un radioélément.
b) Calculer la constante radioactive λ du potassium (40).

3) Pour déterminer l'âge des cailloux lunaires apportés par les astronautes d'Apollo (11), on a mesuré les quantités de potassium (40) et de l'argon (40) qui est retenu par les cailloux. L'analyse d'un échantillon a montré l'existence de $3{,}66.10^{-3}$ mole d'argon (40) et $4{,}15.10^{-8}$ mole de potassium (40) à une date t.
a) Calculer le rapport R = n/N. Avec n : nombre de noyaux d'argon (40) présents à la date t. N : nombre de noyaux de potassium (40) présents à la date t.
b) Rappeler la loi de décroissance radioactive concernant le potassium (40).
c) Montrer que le rapport R peut s'écrire sous la forme : $R = e^{\lambda t} - 1$.
En déduire l'âge t de ces cailloux lunaires.

Série n° 4 Les réactions nucléaires Profs : Abdelmoula et Zribi

En raison de réactions nucléaires dans la très haute atmosphère, la proportion de carbone 14 dans le carbone atmosphérique est constante au cours du temps et égale à $n_0 = 10^{12}$.

Cette proportion se retrouve dans tous les organismes vivants, puisque le carbone organique provient du dioxyde de carbone atmosphérique par photosynthèse.

En revanche, dans un organisme mort, il n'y a plus d'échange, et la proportion n de ^{14}C dans le carbone de cet organisme diminue par désintégration des atomes ^{14}C.

1) La période radioactive du carbone 14 est 5600 ans. Soit n(t) la proportion de carbone 14 restant au moment de la datation dans un organisme mort depuis un temps t. Compléter le tableau ci-après :

t (années)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$n(t)/n_0$		0,71		0,35		0,18	

2) Tracer sur papier millimètre la courbe représentative de $n(t)/n_0$ en fonction de t, pour t variant de 0 à 17000 ans.
Echelle : en abscisse : 1cm pour 1000 ans ; en ordonnée : 10cm pour 1.

3) Lors des dernières éruptions volcaniques en Auvergne, des forêts ont été enfouis sous les cendres. En 1950, on a pu déterminer par spectrométrie de masse la valeur de la proportion n(t) de carbone 14 dans les bois fossilises. On a obtenu les résultats suivants :

Lieu du gisement	$n(t) / n_0$
Montcyneine	0,49
Montchal	0,44
Lassolas	0,39

Déterminer graphiquement et par le calcul les « âges » de ces éruptions.

Série n°5 Les réactions nucléaires Profs : Abdelmoula et Zribi

Les parties A et B sont indépendantes.

A- Données : 1u = 931,5MeV.c^{-2}

	$^{241}_{95}Am$	$^{237}_{93}Np$	$^{A}_{Z}X$	proton	neutron
Masse (u)	241,05670	237,04800	4,00150	1,00727	1,00866

1) Donner la composition du noyau d'américium $^{241}_{95}Am$.

2) a) Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b) Calculer l'énergie de liaison El_1 du noyau d'américium $^{241}_{95}Am$.

3) On donne : l'énergie de liaison du noyau de neptunium $^{237}_{93}Np$ est El_2 = 1746,7MeV. Comparer la stabilité des noyaux $^{241}_{95}Am$ et $^{237}_{93}Np$.

4) Sachant que le noyau $^{241}_{95}Am$ est radioactif et que sa désintégration produit le noyau $^{237}_{93}Np$ avec émission d'une particule $^{A}_{Z}X$.

a) Ecrire l'équation de sa désintégration et identifier la particule émise. Peut-on confirmer le résultat de la question 3° ?

b) Montrer que cette réaction s'accompagne d'une libération d'énergie W. La calculer.

c) Sachant que cette énergie libérée se répartit sous forme d'énergie cinétique et d'un rayonnement γ et que les mesures expérimentales ont donné respectivement :

$E_c(^{A}_{Z}X)$ = 6,44 MeV et $E_c(^{237}_{93}Np)$ = 0,11MeV.

* Interpréter l'émission du photon γ.
* Déterminer son énergie et sa longueur d'onde.

B- On donne : 1u = 1,66.10^{-27}Kg.

	$^{235}_{92}U$	$^{94}_{Z}Sr$	$^{140}_{54}Xe$	neutron
Masse en (u)	235,0439	93,9154	139,9252	1,0086

Dans un réacteur nucléaire, l'une des réactions qui s'effectuent a pour équation :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{94}_{Z}Sr + ^{140}_{54}Xe + x\,^{1}_{0}n.$$

1) a) Déterminer x et z.

b) Donner le nom de cette réaction.

c) Est-elle spontanée ou provoquée ?

2) a) Calculer en MeV l'énergie libérée lorsqu'un noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ est consommé.

b) Déduire l'énergie libérée lorsque 1kg d'uranium $^{235}_{92}U$ est consommé.

Série n°6 Les réactions nucléaires Profs : Abdelmoula et Zribi

On donne

Elément	Hélium	Polonium	Plomb
Symbole	${}^{4}_{2}He$	${}^{210}_{84}Po$	${}^{206}_{82}Pb$
Masse (u)	4,0015	210,0857	206,0789

Masse de neutron : $m_n = 1{,}0087u$ Masse de proton : $m_p = 1{,}0073u$.

$C = 3.10^8 m.s^{-1}$ $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s $1u = 1{,}66.10^{-27}Kg = 931{,}5MeV.c^{-2}$.

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}023.10^{23}$.

1) a) Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b) Calculer en MeV et en J les énergies de liaison pour chacun des deux noyaux Po et Pb.

c) Comparer leur stabilité ? Justifier.

2) Le polonium (${}^{210}_{84}Po$) est radioactif α.

a) Ecrire l'équation de cette désintégration. Préciser les lois utilisées.

b) Calculer en MeV et en J l'énergie libérée au cours de la désintégration d'un noyau puis d'une mole de noyaux de Polonium.

c) Sachant que la combustion d'une tonne de charbon libère 10^{10}J.

Donner l'équivalent en tonne de charbon l'énergie libérée par une mole de noyaux de Polonium.

3) On donne la loi de décroissance radioactive d'un radioélément $N = N_0e^{-\lambda t}$.

a) Donner la signification de N, N_0 et λ.

b) Rappeler la définition d'une période radioactive et établir son expression en fonction de λ.

4) On dispose d'un échantillon de ${}^{210}_{84}Po$ de masse $m_0 = 0{,}1g$ à l'instant de date t = 0s et d'activité A_0, on mesure l'activité de cet échantillon à des instants de dates différentes et on trace le graphe $Ln (A/A_0) = f (t)$.

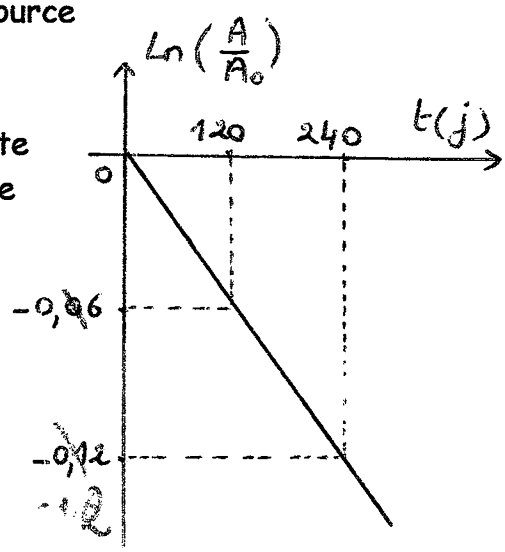
a) Rappeler l'expression de l'activité d'une source radioactive en fonction de A_0 , λ et t. Justifier alors la courbe obtenue.

b) Déterminer à partir du graphe la constante radioactive λ du Po en $(jours)^{-1}$. En déduire en (j) la période T de ${}^{210}_{84}Po$.

c) A quel instant de date t l'échantillon de polonium ne renferme que le nombre de noyaux $N = N_0/10$.

En déduire à cet instant et en fonction de N_0 le nombre de noyaux ${}^{206}_{82}Pb$ formé.

Calculer ce nombre.



Série n° 7

Réactions nucléaires

Profs : Abdelmoula et Zribi

Exercice n°1 :

I) Le noyau d'Uranium $^{235}_{92}U$ a une masse 235,043915 u.

1) Définir l'énergie de liaison E_L d'un noyau.

2) Cette énergie est-elle suffisante pour comparer la stabilité des noyaux ? Justifier.

3) a) Calculer l'énergie de liaison du noyau d'Uranium.

b) Classer les noyaux Kr, U et Ba par ordre de stabilité croissante.

On donne l'énergie de liaison par nucléon : $E_{(Ba)}$ = 8,1 MeV, $E_{(Kr)}$ = 8,4 MeV.

II) Dans un réacteur nucléaire, l'une des réactions possibles avec l'uranium $^{235}_{92}U$ est :

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{A}_{Z}Ba + ^{90}_{36}Kr + 4\,^{1}_{0}n$$

1) Donner la définition de ce type de réaction et calculer Z et A.

2) a) Calculer en joules et en MeV, l'énergie libérée au cours de cette réaction par un noyau d'Uranium.

b) Quelle est la masse m d'uranium nécessaire pour produire une énergie égale à $8,2.10^{11}$ J.

III) Le noyau de Krypton $^{90}_{36}Kr$ est radioactif. Par une série de désintégrations, il conduit au Zirconium $^{90}_{40}Zr$ suivant l'équation bilan : $^{90}_{36}Kr \rightarrow ^{90}_{40}Zr + y\,^{A}_{Z}X$.

1) Déterminer A et Z et identifier X.

2) Cette réaction s'accompagne d'une émission d'un photon d'énergie 0,375 MeV. Calculer la longueur d'onde et la quantité de mouvement de ce photon.

On donne : $c = 3.10^{8} m.s^{-1}$ $h = 6,62.10^{-34} J.s$ $1\ u = 1,66.10^{-27} kg$

$N = 6,02.10^{23}$ $1\ eV = 1,6.10^{-19} J$ m_U = 235,043915 u m_{Kr} = 89,919720 u

m_{Ba} = 141,916350 u $m_{neutron}$ = 1,008665 u m_{photon} = 1,007276 u.

Exercice n° 2:

Le vanadium $^{52}_{23}V$ est radioactif β^-. Le noyau fils formé est $^{A}_{Z}Cr$.

1) Ecrire l'équation de la désintégration.

2) Expliquer l'origine de la particule émise.

3) La mesure de l'activité A d'un échantillon de vanadium $^{52}_{23}V$ à différentes dates t a permis de tracer la courbe :

a) Donner la définition de l'activité d'une source radioactive.

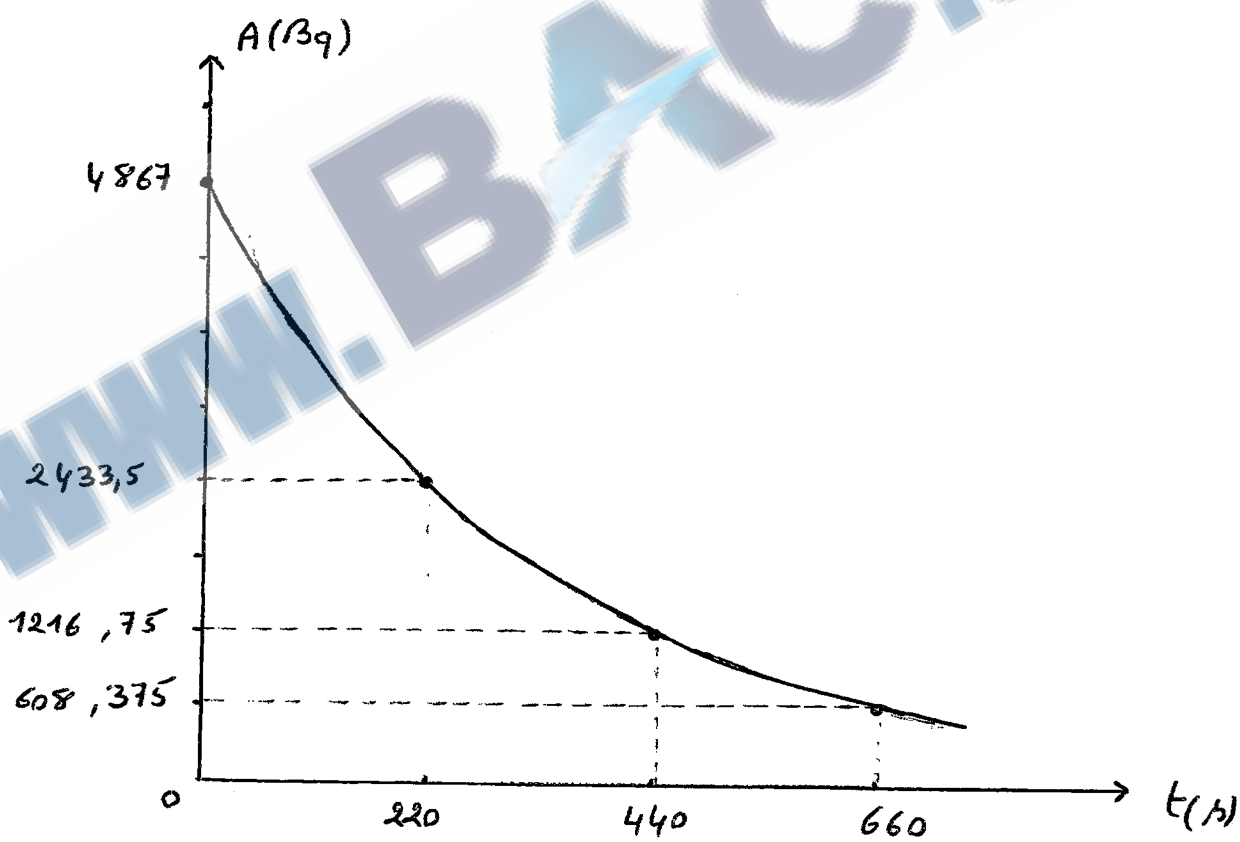
b) Etablir l'expression de l'activité A en fonction de A_0 (activité à t = 0), λ (constante radioactive) et t.

c) Définir la période radioactive d'un radioélément et l'exprimer en fonction de la constante radioactive.

d) Calculer la valeur de la constante radioactive.

e) Déterminer le nombre de noyaux de vanadium à l'état initial.

f) Déterminer le nombre de négatons émis entre les dates t = 0s et t = 660s.


A (Bq)
4867
2433,5
1216,75
608,375
0
220
440
660
t (s)

Série n° 8 Réactions nucléaires Profs : Abdelmoula et Zribi

A) Dans un réacteur nucléaire, l'une des réactions qui ont lieu a pour équation :

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{139}_{z}Xe + {}^{95}_{38}Sr + x\,{}^{1}_{0}n $$

1) Quel est le type de cette réaction ? Est-elle spontanée ou provoquée ?
2) Déterminer z et x.
3) Calculer en u la diminution Δm de la masse qui accompagne la réaction entre un neutron et un noyau U.
4) a) En utilisant la relation d'Einstein calculer en (J) l'énergie libérée par une masse m = 1kg d'uranium si tous les noyaux de cette quantité d'uranium subissaient la réaction considérée.
   b) Quelle masse de pétrole pourrait libérer par combustion la même énergie sachant qu'une tonne de pétrole libère 4.10^{10}J.

m(U) = 234,993u, m(Xe) = 138,8888 u, m(Sr) = 94 ,8064 u, m_n = 1,0087u.
$1u = 1,66.10^{-27}$ kg , $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1}

B) 1) On considère le noyau ${}^{12}_{6}C$ de masse m_1 = 12,000000 u et d'énergie de liaison E_{L1} = 89,315055 MeV.
Calculer le défaut de masse exprimée en u et l'énergie de liaison E_1 par nucléon de ce noyau.
2) Le défaut de masse du noyau ${}^{14}_{6}C$ est Δm_2 = 0,106452 u ; son énergie de liaison par nucléon est E_2 = 7,099968 MeV. Calculer l'énergie de liaison E_{L2} et la masse en u de ce noyau.
3) Comparer la stabilité des deux noyaux précédents.
4) a) Soit la réaction nucléaire d'équation : $3\ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{12}_{6}C$
Identifier le noyau ${}^{A}_{Z}X$.
b) Montrer que cette réaction libère de l'énergie. La calculer en J et en MeV.
On donne : masse d'un proton : m_p = 1,007277 u,
masse d'un neutron : m_n = 1,008665u, masse d'un noyau X : m_x = 4,001500u.

$1u = 931,5$ MeV.c^{-2} , 1 MeV $= 1,6.10^{-13}$ J
$c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} , $1u = 1,66.10^{-27}$ kg.

Série (1) Les réactions nucléaires

1) a) L'énergie de liaison est l'énergie minimale qu'on doit fournir à un noyau, au repos, pour séparer complètement ses nucléons.

b) $E_\ell(Cs) = [55m_p + 82m_n - m_{Cs}]c^2$

$E_\ell = 1,2381 \times 1,66.10^{-27} \times 9.10^{16}$

$E_\ell = 18,5.10^{-11} J = 1156,07 MeV$

2) a) ${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{137}_{56}Ba$

*) conservation du nbre de masse :

$A = 0$

*) conservation du nbre de charge :

$Z = -1$ ⇒

${}^{A}_{Z}X = {}^{0}_{-1}e\ (\beta^-)$

${}^{137}_{55}Cs \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{137}_{56}Ba$

b) Le nbre total de nucléons n'a pas changé et le nbre de protons a augmenté d'une unité, donc le nbre de neutrons a diminué d'une unité d'où la radioactivité β^- est la transformation d'un neutron en un proton avec émission d'un électron.

${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{1}_{1}p$

c) On peut s'appuyer sur les énergies de liaison pour comparer les stabilités des noyaux ${}^{137}_{55}Cs$ et ${}^{137}_{56}Ba$ car ces 2 noyaux renferment le même nbre de masse.

3) a) $m_{Cs} = 136,8768 u$

$m_{Ba} + m_e = 136,8748 u$

$m_{Cs} > (m_{Ba} + m_e)$ ⇒ cette réact° se produit avec une perte de masse d'où elle libère de l'énergie.

$W_0 = \Delta m . c^2$: énergie libérée au cours de la désintégration d'un seul noyau

$W_0 = (m_{Cs} - m_{Ba} - m_e)c^2$

$W_0 = 2.10^{-3} \times 1,66.10^{-27} \times 9.10^{16}$

$W_0 = 3.10^{-13} J = 1,875 . MeV$

Soit N : le nbre de noyaux ds 1g de Cs

$N = \frac{m}{m_{Cs}}$ d'où l'énergie libérée par la désintégrat° de N noyaux est

$W = N W_0 = \frac{2.10^{-3} \times 1,875}{136,8768 \times 1,66.10^{-27}}$

$W = 1,71.10^{22} MeV = 2,736.10^{9} J$

4) a) L'activité d'une source radioactive est le nbre de désintégrations produite par unité de temps.

b) $\ln A = at + b$ avec $b = 30$

et $a = \frac{9,2 - 30}{900} = -2,31.10^{-2}$ ⇒

$\ln A = -2,31.10^{-2} t + 30$ (t en an)

c) $A = A_0 e^{-\lambda t}$ ⇒ $\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}$ ⇒

$\ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t$ ⇒ $\ln A = -\lambda t + \ln A_0$

d) $\lambda = 2,31.10^{-2} an^{-1}$

$\ln A_0 = 30$ ⇒ $A_0 = 1,07.10^{13} dés.an^{-1}$

5) a) La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se désintègrent.

b) $A = A_0 e^{-\lambda t} \Leftrightarrow N = N_0 e^{-\lambda t}$

à $t = T$: $N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow$

$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2} \Rightarrow \lambda T = \ln 2 \Rightarrow$

$\underline{T = \frac{\ln 2}{\lambda}}$; $\underline{T = 30 \text{ ans}}$

Exercice n°2 :

1) a)

${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{148}_{x}La + {}^{85}_{35}Br + y\,{}^{1}_{0}n$

conservation du nbre de charge :

$92 = x + 35 \Rightarrow \underline{x = 57}$

conservation du nbre de masse :

$235 + 1 = 148 + 85 + y \Rightarrow$

$\underline{y = 3}$

b) La fission est une réaction en chaine car chaque neutron libéré attaque un noyau d'${}^{235}_{92}U$ ce qui permet d'obtenir une succession de réact° de fission.

2) $W_0 = \Delta m.C^2$ avec :

$\Delta m = m_U - (m_{La} + m_{Br} + 2\,m_n)$

$\Delta m = 0,1786\ u$

$W_0 = 0,1786 \times 1,66.10^{-27} \times 9.10^{16}$

$W_0 = \underline{2,668.10^{-11}}\ J$

$\underline{W_0 = 166,76\ MeV}$

3) soit N : le nbre de noyaux d'U ds une masse de 1g.

$N = \frac{m}{m_U} = \frac{10^{-3}}{235,044 \times 1,66.10^{-27}}$

$N = 2,56.10^{21}$

$W = N\,W_0$

$\underline{W = 6,83.10^{10} J}$.

Série (2) Les réactions nucléaires

I.) 1) $^{135}_{54}Xe \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{A}_{Z}Cs$

conservation du nbre de masse :

$\underline{A = 135}$

conservation du nbre de charge :

$\underline{Z = 55}$

$\Rightarrow ^{135}_{54}Xe \rightarrow \beta^- + ^{135}_{55}Cs$

Origine de β^-

Puisque le nbre de masse n'a pas changé et le nbre de proton a augmenté d'une unité alors le nbre de neutron a diminué d'une unité $\Rightarrow$ transformation d'un neutron en un proton.

$^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}p + ^{0}_{-1}e$

2) a) $N = N_0 e^{-\lambda t}$

(Loi de décroissance radioact.)

b) $A = -\frac{dN}{dt}$: activité.

$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \underline{A = \lambda N}$

à $t = 0$, $N = N_0 \Rightarrow A_0 = \lambda N_0$

d'où $\underline{A = A_0 e^{-\lambda t}}$

$Ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow$

$\underline{Ln A = -\lambda t + Ln A_0}$

c) $Ln A = at + b$

a : coef. directeur de la droite

$a = \frac{5,57 - 6,33}{} = -7,6.10^{-2}$

or $a = -\lambda \Rightarrow \underline{\lambda = 7,6.10^{-2} h^{-1}}$

$T = \frac{Ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{7,6.10^{-2}}$

$\underline{T = 9,12} h.$

II) 1) a) cette réaction nucléaire est provoquée car le noyau d'Al est attaqué par une particule α.

b) conservation du nbre de masse

$A = 27 + 4 - 30$; $\underline{A = 1}$

conservation du nbre de charge :

$Z = 13 + 2 - 15$; $\underline{Z = 0}$

d'où : $^{A}_{Z}X = ^{1}_{0}n$: neutron.

2) $m_i = m_{Al} + m_\alpha = 30,9759$ u

$m_f = m_P + m_n = 30,9788$ u

$m_f > m_i \Rightarrow$ cette réaction reçoit de l'énergie.

L'énergie reçue :

$W = (m_f - m_i) c^2$

$W = 2,9.10^{-3} \times 931,5$

$\underline{W = 2,7} MeV.$

3) a) $^{30}_{15}P \rightarrow ^{0}_{+1}e + ^{A}_{Z}Si$

avec $A = 30$ et $Z = 14$ $\Rightarrow$

$^{30}_{15}P \rightarrow ^{0}_{+1}e + ^{30}_{14}Si$

b) $|\Delta E| = (m(P) - m(\beta^+) - m(Si))c^2$

$m(Si) = m(P) - m(\beta^+) - \frac{|\Delta E|}{c^2}$

$m(Si) = 29,9701 - 0,0005486 - \frac{3,2}{931,5}$

$m(Si) = \underline{29,9661 \text{ u}} = \underline{49,74.10^{-27} \text{ kg}}.$

Série (3) Les réactions nucléaires

A) 1) *) Désintégration 1 :

$^{238}_{92}U \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{234}_{90}Th$

conservation du nbre de masse : $A = 4$

conservation du nbre de charge : $Z = 2$

$\Rightarrow ^{A}_{Z}X = ^{4}_{2}He$: particule α

$^{238}_{92}U \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{234}_{90}Th$

radioactivité α

*) Désintégration 2 :

$^{234}_{90}Th \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{234}_{91}Pa$

conservation du nbre de masse : $A = 0$

conservation du nbre de charge : $Z = -1$

$\Rightarrow ^{A}_{Z}X = ^{0}_{-1}e$: particule β^-

$^{234}_{90}Th \longrightarrow ^{0}_{-1}e + ^{234}_{91}Pa$

radioactivité β^-

*) Désintégration 3 :

$^{234}_{91}Pa \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{234}_{92}U$

conservation du nbre de masse : $A = 0$

conservation du nbre de charge : $Z = -1$

$\Rightarrow ^{A}_{Z}X = ^{0}_{-1}e$: particule β^-

$^{234}_{91}Pa \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{234}_{92}U$

radioactivité β^-

2) a) Ds la désintégration (1) :

$W = 4,195\ MeV = \Delta m . c^2$

$$\Delta m = \frac{4,195 \times 1,6.10^{-13}}{9.10^{16}}$$

$\Delta m = 0,746 . 10^{-29}\ kg.$

b) $W = E_{c\alpha} = \frac{1}{2} m_\alpha V_\alpha^2 \Rightarrow$

$$\|\vec{V}_\alpha\| = \sqrt{\frac{2W}{m_\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,195 \times 1,6.10^{-13}}{4,0015 \times 1,67.10^{-27}}}$$

$\|\vec{V}_\alpha\| = 1,42 . 10^{7}\ m.s^{-1}$

c) $\frac{E_{c\alpha}}{E_{cTh}} = \frac{m_{Th}}{m_\alpha} \Rightarrow E_{cTh} = \frac{m_\alpha}{m_{Th}} . E_{c\alpha}$

$E_{cTh} = \frac{4}{234} \times 4$ [illegible] $= 0,068\ MeV$

$W = E_{c\alpha} + E_{cTh} + E_\gamma \Rightarrow$

$E_\gamma = 4,195 - (4 + 0,068)$

0,195

$E_\gamma = 0,1\cancel{27}\ MeV$

$E_\gamma = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_\gamma}$ 6,36.10^{-12}

$\lambda = \frac{19,86 . 10^{-26}}{0,127 \times 1,6.10^{-13}}$: $\lambda = 0,9\cancel{8} . 10^{-11}\ m$

$\|\vec{P}_\gamma\| = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,62.10^{-34}}{0,98 . 10^{-11}}$

1,04.10^{-22}

$\|\vec{P}_\gamma\| = 6,75 . 10^{-23}\ kg.m.s^{-1}$

L'origine du rayonnement γ est la désexcitation du noyau fils.

B) 1) $^{40}_{19}K \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{40}_{18}Ar$

conservation du nbre de masse : $A = 0$

conservation du nbre de charge : $Z = 1$

$\Rightarrow ^{A}_{Z}X = ^{0}_{+1}e$: particule β^+

$^{40}_{19}K \rightarrow ^{0}_{+1}e + ^{40}_{18}Ar$

Origine de β^+ :

$^{1}_{1}p \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{0}_{+1}e$

transformation d'un proton en un neutr

2) a) Période radioactive : c'est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se désintègrent.

b) $\lambda = \frac{Ln2}{T} = \frac{0,693}{1,5.10^9}$

$\underline{\lambda = 0,462.10^{-9}\ an^{-1}}$

3) a) n = nbre de noyaux d'Ar

N = nbre de noyaux de K

$$R = \frac{3,66.10^{-3} \times 6,02.10^{23}}{4,15.10^{-8} \times 6,02.10^{23}}$$

$\underline{R = 8,82.10^4}$

b) Loi de décroissance radioactive de K :

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

c) $n = N_0 - N$

$n = N_0(1 - e^{-\lambda t})$

$$R = \frac{n}{N} = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} \cdot \frac{e^{\lambda t}}{e^{\lambda t}}$$

$\underline{R = e^{\lambda t} - 1}$

$e^{\lambda t} = R + 1 \simeq 8,82.10^4$

$\lambda t = Ln(8,82.10^4) = 11,39$

$$t = \frac{11,39}{0,462.10^{-9}}$$

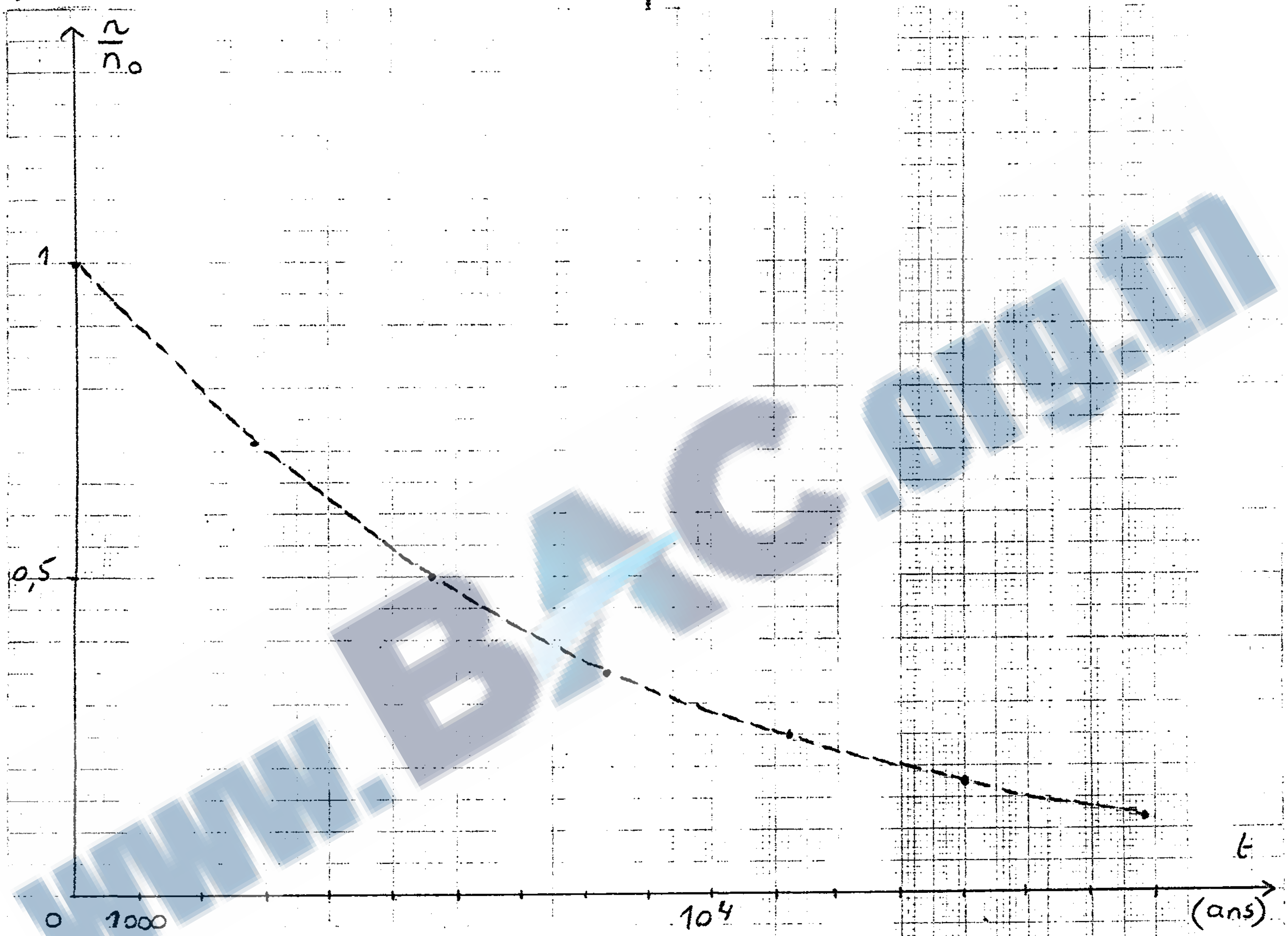
$\underline{t = 24,65.10^9\ ans}$

série (4) Les réactions nucléaires

1)

			T		2T		3T
t (ans)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{n}{n_0}$	1	0,71	0,5	0,35	0,25	0,18	0,125

2)



3) *) Montcyneine

$\frac{n}{n_0} = 0,49 \longrightarrow$ $\underline{t \simeq 5700 \text{ ans}}$

Par calcul :

$n = n_0 e^{-\lambda t} = n_0 e^{-\frac{\ln 2}{T}.t}$

$e^{-\frac{\ln 2}{T}.t} = \frac{n}{n_0} \Rightarrow -\frac{\ln 2}{T}.t = \ln \frac{n}{n_0}$

$t = T.\frac{\ln \frac{n_0}{n}}{\ln 2}$

$t = 5600 \times \frac{0,713}{0,693}$: $\underline{t = 5761,6 \text{ ans}}$

*) Montchal :

$\frac{n}{n_0} = 0,44 \longrightarrow$ $\underline{t \simeq 6600 \text{ ans}}$

Par calcul :

$t = 5600 \times \frac{0,821}{0,693}$: $\underline{t = 6634,3 \text{ ans}}$

*) Lassolas :

$\frac{n}{n_0} = 0,39 \longrightarrow$ $\underline{t = 7600 \text{ ans}}$

Par calcul :

$t = 5600 \times \frac{0,941}{0,693}$: $\underline{t = 7604,4 \text{ ans}}$

Série (5) Les réactions nucléaires

A) 1) $^{241}_{95}Am \rightarrow \begin{cases} 95 \text{ protons} \\ 146 \text{ neutrons} \end{cases}$

2) a) L'énergie de liaison est l'énergie minimale qu'on doit fournir à un noyau, au repos, pour le détruire et séparer complètement ses nucléons.

b) $^{241}_{95}Am$

$E_{\ell_1} = (95 m_p + 146 m_n - m_{Am}) c^2$

$E_{\ell_1} = 1,8983 \times 931,5$

$\underline{E_{\ell_1} = 1768,26 \text{ MeV}}$

3) $^{241}_{95}Am$

$E_{1A} = \frac{E_{\ell_1}}{241} = \underline{7,337 \text{ MeV.nucl}^{-1}}$

$^{237}_{93}Np$

$E_{2A} = \frac{E_{\ell_2}}{237} = \frac{1746,7}{237} = \underline{7,37 \text{ MeV.nucl}^{-1}}$

$E_{2A} > E_{1A} \Rightarrow$ $^{237}_{93}Np$ est plus stable que $^{241}_{95}Am$.

4) a) $^{241}_{95}Am \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{237}_{93}Np$

conservation du nbre de masse : $A = 4$

conservation du nbre de charge : $Z = 2$

$\Rightarrow {}^{A}_{Z}X = {}^{4}_{2}He$: particule α

$^{241}_{95}Am \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{237}_{93}Np$

Ds une réaction nucléaire de type α, le noyau fils est toujours plus stable que le noyau père.

b) $m_i = m_{Am} = 241,05670 \, u$

$m_f = m_\alpha + m_{Np} = 241,0495 \, u$

$m_f < m_i \Rightarrow$ le système perd de masse donc il libère de l'énergie.

$\Delta m = m_i - m_f = 7,2.10^{-3} \, u$

$|W| = 7,2.10^{-3} \times 931,5$

$\underline{|W| = 6,7 \text{ MeV}}$

c) *) L'émission de photon γ est due à la désexcitation du noyau fils.

$\underset{\text{état excité}}{^{237}_{93}Np^*} \longrightarrow \underset{\text{état fondamental}}{^{237}_{93}Np} + \gamma$

$|W| = E_{c\alpha} + E_{cNp} + E_\gamma \Rightarrow$

$E_\gamma = |W| - (E_{c\alpha} + E_{cNp})$

$E_\gamma = \underline{0,15 \text{ MeV}}$

$E_\gamma = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_\gamma}$

$\lambda = \frac{19,86.10^{-26}}{0,15 \times 1,6.10^{-13}}$

$\underline{\lambda = 82,75.10^{-13} \text{ m}}$

B) 1) a) conservation du nbre de masse :

$235 + 1 = 94 + 140 + x \Rightarrow \underline{x = 2}$

conservation du nbre de charge :

$92 = Z + 54 \Rightarrow \underline{Z = 38}$

b) Cette réaction est une fission

c) cette réaction est provoquée car le noyau d'U est attaqué par un neutron.

2) a) $|W| = \Delta m . c^2$

$\Delta m = m_U - (m_{Sr} + m_{Xe} + m_n)$

$\Delta m = 0,1947$ u.

$$|W| = 0,1947 \times 1,66.10^{-27} \times \frac{9.10^{16}}{1,6.10^{-13}}$$

$|W| = 181,8$ MeV

b) $|W'| = N . |W|$

N : nbre de noyaux ds m = 1 kg.

$$N = \frac{m}{m_U} = \frac{1}{235,0439 \times 1,66.10^{-27}}$$

$N = 2,56.10^{24}$ noyaux

$|W'| = 465,4.10^{24}$ MeV $= 74,46.10^{12}$ J

Série (6) Les réactions nucléaires

1) a) L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie minimale qu'on doit fournir à ce noyau, supposé au repos, pour séparer complètement ses nucléons.

b) $^{210}_{84}Po$

$E_{\ell_1} = (84\,m_p + 126\,m_n - m_{Po})\,c^2$

$E_{\ell_1} = \underline{1512,47\ MeV} = 2,42.10^{-10}\ J$

$^{206}_{82}Pb$

$E_{\ell_2} = (82\,m_p + 124\,m_n - m_{Pb})\,c^2$

$E_{\ell_2} = \underline{1489,00\ MeV} = 2,38.10^{-10}\ J$

c) $E_A(Po) = \dfrac{E_{\ell_1}}{210} = \underline{7,202\ MeV.nucl^{-1}}$

$E_A(Pb) = \dfrac{E_{\ell_2}}{206} = \underline{7,228\ MeV.nucl^{-1}}$

$E_A(Pb) > E_A(Po) \Rightarrow$

$^{206}_{82}Pb$ est plus stable que $^{210}_{84}Po$

2) a) $^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$

conservation du nbre de masse : $A = 206$

conservation du nbre de charge : $Z = 82$

$\Rightarrow {}^{A}_{Z}X = {}^{206}_{82}Pb$

$^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$

b) $|W_0| = \Delta m.c^2$

$\Delta m = m_{Po} - (m_\alpha + m_{Pb}) = 5,3.10^{-3}\ u$

$|W_0| = 5,3.10^{-3} \times 931,5$

$|W_0| = 4,937\ MeV = 7,9.10^{-13}\ J$

Pour une mole de noyaux :

$|W| = N.|W_0|$ avec $N = \mathcal{N}$

$|W| = \underline{29,72.10^{23}}\ MeV = \underline{47,558.10^{10}}\ J$

c) $1\ t \longrightarrow 10^{10}\ J$

$m \longrightarrow 47,558.10^{10}\ J$

$\Rightarrow \underline{m = 47,558\ \text{tonnes}}$

3) a) N : nbre de noyaux présents à l'instant t.

N_0 : nbre de noyaux présents à $t = 0$

λ : constante radioactive.

b) La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se désintègrent.

$N = N_0 e^{-\lambda t}$

à $t = T$, $N = \dfrac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$

$\Rightarrow e^{-\lambda T} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \lambda T = Ln 2 \Rightarrow$

$\underline{T = \dfrac{Ln 2}{\lambda}}$

4) a) $A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \dfrac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}$

$\Rightarrow Ln\left(\dfrac{A}{A_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow$

$Ln\left(\dfrac{A}{A_0}\right) = f(t)$ est une droite dont le coef. directeur $a = -\lambda$.

b) $a = \dfrac{-0,06}{120} = -5.10^{-4}\ j^{-1}$

$\Rightarrow \underline{\lambda = 5.10^{-4}}\ j^{-1}$

$T = \dfrac{Ln 2}{\dots}$ $T = 1386,29\ j$

4) $N = \frac{N_0}{10} = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow$

$e^{-\lambda t} = 0,1 \Rightarrow \lambda t = 2,3 \Rightarrow$

$\underline{t = 4600\ j}$

$N_{Pb} = N_0 - N$

$N_{Pb} = N_0 - \frac{N_0}{10}$

$\underline{N_{Pb} = \frac{9}{10} N_0}$

$N_0 = \frac{m_0}{m_{Po}} = \frac{10^{-4}}{210,0857 \times 1,66.10^{-27}}$

$N_0 = \underline{2,86.10^{20}}$ noyaux.

d'où : $\underline{N_{Pb} = 2,574.10^{20}}$ noyaux.

Série n°(7) Réactions nucléaires

Exercice n°1 :

I) 1) L'énergie de liaison est l'énergie minimale qu'on doit fournir à un noyau au repos pour le détruire et séparer complètement ses nucléons.

2) Cette énergie n'est pas suffisante pour comparer la stabilité des noyaux car cette énergie dépend aussi du nombre de masse.

3) a) $^{235}_{92}U$

$\Delta m = 92 m_p + 143 m_n - m_U = 1{,}864\ u$

$E_L = \Delta m . c^2$

$E_L = 27{,}856.10^{-11} J = \underline{1741{,}04}$ MeV

b) $E_A(U) = \dfrac{E_L}{A} = \underline{7{,}4\ MeV.nucl^{-1}}$

$E_A(Kr) > E_A(Ba) > E_A(U)$

II) 1) Il s'agit d'une $\underline{\text{fission}}$

Conservation du nbre de masse :

$\underline{A = 142}$

Conservation du nbre de charge :

$\underline{\underline{Z = 56}}$

2) a) $W = \Delta E_L$

$W = E_L(Ba) + E_L(Kr) - E_L(U)$

$W = 1150{,}2 + 756 - 1741{,}04$

$W = \underline{165{,}16\ MeV} = \underline{264{,}256.10^{-13} J}$

b) $W' = 8{,}2.10^{11} J = N . W$

$N = \dfrac{W'}{W} = 3{,}1.10^{22}$; nbre de noyaux ds une masse m.

$m = N . m_U$: $\underline{m = 12{,}1\ g}$

III) 1) $^{90}_{36}Kr \rightarrow \, ^{90}_{40}Zr + y \, ^{A}_{Z}X$

Conservation du nbre de masse :

$\underline{A = 0}$

Conservation du nbre de charge :

$\underline{\underline{Z = -1}}$

$\Rightarrow \underline{y = 4}$

d'où $^{A}_{Z}X = \, ^{0}_{-1}e = \beta^-$

2) $E_\gamma = \dfrac{hc}{\lambda}$

$\lambda = \dfrac{hc}{E_\gamma} = \underline{3{,}31.10^{-12}}\ m$

$\|\vec{P_\gamma}\| = \dfrac{h}{\lambda} = \dfrac{E_\gamma}{c}$

$\|\vec{P_\gamma}\| = 2.10^{-22}\ kg.m.s^{-1}$

Exercice n°2 :

1) $^{52}_{23}V \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{52}_{24}Cr$

2) au cours de la transformation d'un neutron en un proton, il y a émission d'une particule β^-

$^{1}_{0}n \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{1}_{1}p$

3) a) L'activité est le nombre de désintégrations produites par unité de temps.

b) $A = \lambda N$ avec $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$\Rightarrow A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$ or : $\lambda N_0 = A_0$

$\Rightarrow \underline{A = A_0 e^{-\lambda t}}$

c) La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié du nombre des noyaux initialement présents se désintègrent

à $t = T$, $N = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$

$\Rightarrow T = \frac{Ln2}{\lambda}$

d) $T = 220s \Rightarrow$

$\underline{\lambda = 3,15.10^{-3}} s^{-1}$

e) $A_0 = \lambda N_0 = 4867\ Bq$

$N_0 = \underline{15,45.10^5}$ noyaux

f) $t = 660s = 3T$

$\Rightarrow N = \frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{8}$: n^{bre} de vanadium restants $\Rightarrow$

$N' = N_0 - N = \frac{7N_0}{8}$: n^{bre} de négatons émis.

$\underline{N' = 13,52.10^5}$ négatons

Série n° (8) Réactions nucléaires

A) 1) c'est une fission : réaction nucléaire provoquée car le noyau $^{235}_{92}U$ est attaqué par ^1_0n.

2) conservation du nbre de charge :

$\underline{Z = 54}$

conservation du nbre de masse :

$\underline{X = 2}$

3) $\Delta m = m_U + m_n - (m_{Xe} + m_{Sr} + 2m_n)$

$\Delta m = \underline{28{,}95 \cdot 10^{-2}} u$

4) a) $W_0 = \Delta m \cdot c^2$; énergie libérée au cours de la fission d'un seul noyau

$W_0 = \Delta m c^2 = \underline{4{,}325 \cdot 10^{-11} J}$

le nbre N de noyaux ds $m = 1kg$:

$N = \frac{m}{m_U} = 2{,}56 \cdot 10^{24}$ noyaux

$W = N \cdot W_0$

$\underline{W = 1{,}1 \cdot 10^{14} J}$

b) $1t$ de pétrole $\xrightarrow{\text{libère}} 4 \cdot 10^{10} J$

$x (t) \longrightarrow 1{,}1 \cdot 10^{14} J$

$\Rightarrow \underline{x = 2750 \text{ tonnes}}$

B) 1) $E_{\ell_1} = \Delta m_1 c^2 \Rightarrow$

$\underline{\Delta m_1 = 9{,}56 \cdot 10^{-2} u}$

$E_1 = \frac{E_{\ell_1}}{A_1} = \underline{7{,}44 \text{ MeV} \cdot \text{nucl}^{-1}}$

2) $E_{\ell_2} = \underline{A_2 \cdot E_2 = 99{,}4 \text{ MeV}}$

$E_{\ell_2} = (6m_p + 8m_n - m_c) c^2 \Rightarrow$

$m_c = 14{,}00\underline{653} u$

3) $E_1 > E_2 \Rightarrow$

$^{12}_{6}C$ est plus stable que $^{14}_{6}C$.

4) a) cons. du nbre de masse : $\underline{A = 4}$

cons. du nbre de charge : $\underline{Z = 2}$

$\Rightarrow \underline{^A_Z X = {}^4_2He}$

b) $m_i = 3 m_\alpha = 12{,}0045 u$

$m_f = 12 u$

$m_f < m_i \Rightarrow$ perte de masse $\Rightarrow$ libération d'énergie.

$W = (m_i - m_f) c^2$

$W = \underline{6{,}723} \cdot 10^{-13} J = \underline{4{,}21} \text{ MeV}$