Corrigé de la série de TD n°2, Radioactivité et réaction nucléaire

Exercice 01.

La composition des atomes sont :

Atomes	Numéro atomique ou Nbre de proton Z	Nombre de masse A	Nbre de neutron N (A-Z)	Nbre d'electron	La charge
${}^{12}_{6}C$	6	12	12-6=6	6	0
${}^{16}_{8}O$	8	16	16-8=8	8	0
${}^{16}_{8}O^{2-}$	8	16	16-8=8	8+2=10	-2
${}^{35}_{17}Cl^{-}$	17	35	35-17=18	17+1=18	-1
${}^{127}_{53}I^{-}$	53	127	74	54	-1
${}^{40}_{20}Ca$	20	40	40-20=20	20	0
${}^{40}_{20}Ca^{2+}$	20	40	40-20=20	20-2=18	+2
${}^{27}_{13}Al^{3+}$	13	27	14	13-3=10	+3

Exercice 02.

1- ${}^{63}{}_{29}Cu$ ${}^{65}{}_{29}Cu$

A=63 A=65

Z=29

Z=29

N=34

N=36.

2- *Cu* (naturel)= 63,502 u.m.a

M naturel= $\sum Mixi / \sum xi$

Avec $\sum xi=100 \rightarrow x_1 + x_2 = 100 \rightarrow x_2 = 100 - x_1 \quad \cdots (1)$

M naturel (Cu)=$\frac{x_1\, M_1 + x_2\, M_2}{100} \quad \cdots (2)$

On remplace l'équation (1) dans (2) ; on obtient :

$x_1 = \frac{100*(M\,naturel\,(Cu) - M_2)}{(M_1 - M_2)} = \frac{100\,(63.502-64.927)}{(62.929-64.927)} = 71.33\%$

$x_2 = 100 - 71.33 = 28.67\%$

x ^{63} *Cu =71.33%* *ET* *x* ^{65} *Cu =100-71.33 =28.67%*

Exercice 03.

1. La constitution des 4 isotopes :

	Nbre de masse (A)	Protons (Z)	Nbre d'electrons	Neutrons (N)
Isotope 1	54	26	26	28
Isotope 2	56	26	26	30
Isotope 3	57	26	26	31
Isotope 4	58	26	26	32

2. La masse moyenne ($\bar{M}$) naturelle du fer :

$$\Longrightarrow \quad \bar{M} = \frac{M_1.\chi_1\% + M_2.\chi_2\% + M_3.\chi_3\% + M_4.\chi_4\%}{100\%}$$

$$\bar{M} = \frac{53{,}9399 \times 5{,}84\% + 55{,}9349 \times 91{,}75\% + 56{,}925 \times 2{,}12\% + 57.933 \times 0.28\%}{100\%}$$

$$\bar{M} = \mathbf{55{,}8396}\ g.mol^{-1}$$

3. Le défaut de masse du noyau ${}_{26}^{56}Fe$ en uma :

$$\Delta m = (Z.m_p + N.m_n) - ({}_{26}^{56}Fe)$$

$$\Delta m = (26 \times 1{,}0073 + 30 \times 1{,}0086) - 55{,}9349 \qquad \Delta m = 0{,}5129\ u.m.a$$

4. Calcul de l'énergie de liaison par nucléon E_l/A de ${}_{26}^{56}Fe$: $E_l = \Delta m.c^2$;

$$E_l = 0{,}5129 \times 1{,}66.\ 10^{-27} \times (3.10^8)^2 = \mathbf{7{,}6627.10^{-11}}\ J \text{ Ou } J/\text{noyau}$$

$$\underline{E_l/A} = \frac{7{,}6627.\ 10^{-11}}{56} = \mathbf{0{,}1368 \times 10^{-11}\ J/nucléon} = 0{,}0855 \times 10^8\ eV = \mathbf{8{,}55\ MeV/nucléon}$$

5. L'énergie libérée lors de la formation d'1 mole de Fe :

$$\Delta E = 7{,}6627.10^{-11}.6{,}023.10^{23} = \mathbf{4{,}615\ 10^{13}}\ J.mol^{-1}$$

Exercice 04.

L'énergie de liaison par nucléon E_l/A d'un noyau est donnée par la relation :

$$\frac{E_l}{A} = \frac{\Delta m.c^2}{A} \text{ Avec } \quad \Delta m = (Z.m_p + N.m_n) - m(noyau)$$

$\Delta \boldsymbol{E} = \Delta \boldsymbol{m} \times \boldsymbol{c}^2$ Avec, Δ**m** en [Kg] et **c** en [m.s^{-1}]

<u>Pour l'uranium :</u> $\Delta m = (92 \times 1{,}0073 + 143 \times 1{,}0086) - 234{,}9942 = 1{,}9072\ u.m.a$

$$E_l/A = 1{,}9072 \times 1{,}66.\ 10^{-27} \times (3.10^8)^2 /235 = 0{,}1212 \times 10^{-11}\ J/\mathbf{nucléon}$$

$$= 0{,}1212 \times 10^{-11} / 1{,}66.10^{-13} = 7{,}57\ MeV/\text{nucléon.}$$

<u>Pour le xénon</u> : $\Delta m = (54 \times 1{,}0073 + 86 \times 1{,}0086) - 139{,}9252 = 1{,}2086\ u.m.a$

$$E_l/A = 1{,}2086 \times 1{,}66.\ 10^{-27} \times (3.10^8)^2/140 = 0{,}1289 \times 10^{-11}\ J/\text{nucléon.} = 8{,}056\ MeV/\text{nucléon.}$$

Ou bien $\frac{E_l}{} = \Delta m \times 933{,}75\ (MeV)$ On peut passer de l'uma au MeV en multipliant l'uma par **933,75**

Uranium

$$\frac{E_l}{A} = \frac{\Delta m \times 933{,}75}{A} = \frac{1{,}9072 \times 933.75}{235} = 7{,}57\ MeV/\text{nucléon}.$$

Xénon :

$$\frac{E_l}{A} = \frac{\Delta m \times 933{,}75}{A} = \frac{1{,}2086 \times 933.75}{140} = 8{,}06\ MeV/\text{nucléon}.$$

$$\left(\frac{E_l}{A}\right)_{Xénon} > \left(\frac{E_l}{A}\right)_{Uranium} \Rightarrow \textit{le xénon est plus stable que l'uranium}$$

La règle dit que : "Les noyaux dont l'énergie de liaison par nucléon est la plus grande sont les plus stables." Donc d'après les résultats obtenus de calcul E_L/A on peut déduire que l'**xénon** est le plus stable par rapport l'Uranium

Exercice 5.

I.

A/

$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$; $^{14}_{7}N\ (\alpha, p)\ ^{17}_{8}O$ (désintégration par bombardement α) Artificielle

$^{124}_{53}I \rightarrow ^{124}_{54}Xe + ^{0}_{-1}e$; $^{124}_{53}I\ (\beta^-)\ ^{124}_{54}Xe$ il s'agit d'une désintégration β^- Naturelle

$^{15}_{8}O \rightarrow ^{15}_{7}N + ^{0}_{1}e$; $^{15}_{8}O\ (\beta^+)\ ^{15}_{7}N$; il s'agit d'une désintégration β^+ Naturelle

$^{215}_{84}Po \rightarrow ^{211}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$; $^{215}_{84}Po\ (\alpha)\ ^{211}_{82}Pb$ il s'agit d'une désintégration α Naturelle

$^{32}_{16}S + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}P + ^{32}_{15}X = ^{32}_{15}P$; $^{32}_{16}S\ (n, p)\ ^{32}_{15}P$ Artificielle

$^{23}_{11}Na + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{23}_{12}Mg + ^{1}_{0}n$; $^{23}_{11}Na\ (p, n)\ ^{23}_{12}Mg$; Artificielle

B/ $^{55}_{25}Mn\ (n, ^{0}_{0}\gamma)\ ^{56}_{25}Mn$ Artificielle $^{12}_{5}B\ (^{0}_{-1}e)\ ^{12}_{6}C$ Naturelle $^{12}_{6}C\ (d, n)\ ^{13}_{7}N$, Artificielle

II.

1. $^{9}_{4}Be\ (\beta^+, \alpha)\ ^{5}_{3}Li$; il s'agit d'une réaction de Transmutation
2. $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$; il s'agit d'une réaction de Fusion
3. $^{24}_{12}Mg\ (d, \alpha)\ ^{22}_{11}Na$; il s'agit d'une réaction de Transmutation
4. $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{16}_{8}O + ^{2}_{1}H$ (Transmutation)
5. $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{132}_{51}Sb + ^{101}_{41}Nb + 3\,^{1}_{0}n$; il s'agit d'une réaction de Fission
6. $^{27}_{13}Al\ (\alpha, ^{1}_{0}n)\ ^{30}_{15}P$; il s'agit d'une réaction de Transmutation

Exercice 06.

1. $^{210}_{85}At \rightarrow {}^{A}_{z}Y + {}^{4}_{2}He$ A= 206 Z= 83, ($^{A}_{z}Y = {}^{206}_{83}Bi$)

2. $|\Delta m| = |\ [m(Y) + m(\alpha)\ ] - [m(At)\ ]\ | = |\ [205{,}9785) + 4{,}0026\ ] - [209{,}9871\ ]\ | =$ 0,006 u .m.a

   $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 8{,}96.10^{-13}$ J = $5{,}6.10^{6}$ eV = 5,6 MeV

Exercice 07.

1) $^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{60}_{28}X$ Le noyau de l'élément formé $^{60}_{28}X$ contient 28 protons et 32 neutrons

2) $N_t = N_0 \exp(-\lambda t) \rightarrow A_t = A_0 \exp(-\lambda t) \rightarrow \lambda t = \ln\left(\frac{A_0}{A_t}\right) \rightarrow \lambda = \frac{1}{t}\ln\left(\frac{A_0}{A_t}\right) = 4{,}17\ 10^{-9}\ s^{-1}$

3) $\frac{A_t}{\lambda} = N_t = 5{,}3237 . 10^{13}$ *noyaux* –

$N_t = m_t * NA/M \rightarrow m_t = N_t * M\ /NA =$ $5\ {,}43\ 10^{-9}$ g

Exercice 08.

1. $^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{218}_{84}Y$; ($^{218}_{84}Y = {}^{218}_{84}Po$)
2. $N_0 = m_0 * NA/M = 280\ 10^{-3} * 6.023\ 10^{23} / 222 = 7.596\ 10^{20}$ noyaux.

   $A_0 = \lambda N_0$ avec $\boldsymbol{\lambda} = Ln2/ T = Ln2/ [3.8 *24* 3600] =$ $2.11\ 10^{-6}\ s^{-1}$

   $A_0 = 2.11\ 10^{-6} * 7.596\ 10^{20} =$ $1.6\ 10^{15}$ dps (ou Bq) 1dps = 1 Bq

1 Ci = $3.7\ 10^{10}$ Bq ou dps

3. $N_t = N_0\ e^{-\lambda t}$ d'où N_t : nombre de noyaux restant, N_0 : nombre de noyaux initial:

$N_t = 7.596\ 10^{20} * \exp\ (-2.11\ 10^{-6} * 15 * 24 * 3600) =$ $4.9315\ 10^{19}$ noyaux

4. 90% des noyaux sont désintégrés donc le nombre de noyaux restants est 10%

   On a $N_t = N_0\ e^{-\lambda t}$ et $N_t = 0.1\ N_0 \rightarrow\ 0.1\ N_0 = N_0\ e^{-\lambda t}$

   $\rightarrow 0.1 = e^{-\lambda t}$

   $\rightarrow \lambda\ t = -\ln 0.1$

   $\rightarrow t = \frac{-\ln 0.1}{\lambda} = 1091272{,}556\ s =$ 12.68 jours.

Exercice supplémentaire

1) *<u>a. Détermination de la constante radioactive λ et la période T :</u>*

On a : $N_t = N_0\ e^{-\lambda t}$; N_t : nombre de noyaux restant, N_0 : nombre de noyaux initial

$N_0 - N_t$: nombre de noyaux désintégrés = 35,3 % $N_t = 100 - 35{,}38 = 64{,}62$ %

$\text{Ln}\,\frac{N0}{Nt} = \lambda t$, $\lambda = \frac{1}{t}\,\text{Ln}\,\frac{N0}{Nt} \rightarrow \lambda = \frac{1}{1000}\,\text{Ln}\ 100/64{,}62$

$\rightarrow \lambda = 0{,}436 \times 10^{-3}\ \text{ans}^{-1} = 1{,}38 * 10^{-11}\ S^{-1}$

La période T= Ln2/λ = Ln2/ 0,436 × 10^{-3} = 1589,8 ans.

b. Masse du radium ^{226}Ra

On a A_t=1 Ci = 3,7× 10^{10} dps

On a aussi: $A_t = \lambda N_t \rightarrow N_t = \frac{A_t}{\lambda}$

$N_t = n_t * N_A = \frac{m_t}{M_{Rn}} * N_A \rightarrow m_t = \frac{N_t * M_{Rn}}{N_A} = \frac{A_t * M_{Rn}}{\lambda * N_A}$

AN : $m_t = \frac{3{,}7 \times 10^{10} * 226}{1{,}38 * 10^{-11} * 6{,}023 * 10^{23}}$ = 1,006 g

2) *Calcul de A_0*

On a : $A_0 = \lambda N_0$

$N_0 = n_0 * N_A = \frac{m_0}{M_{Sc}} * N_A = \frac{500 \times 10^{-3} * 6{,}023 * 10^{23}}{90}$ = 3,346 * 10^{21} noyaux

λ = Ln2/T = Ln2/28 = 2,47× 10^{-2} an^{-1} ou bien λ = Ln2/28*356*24*3600= 7,85* 10^{-10} S^{-1}

$A_0 = \lambda N_0 = 3{,}34 \times 10^{21} \times 7{,}85 * 10^{-10}$

A_0= 2,26 × 10^{12} dps = 71 Ci

a. Calcul de A_t (t=1 an)

$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = 71 \times e^{-2{,}47.10-2(1)}$ = 69,4 Ci

b. Une réduction de 10 % de l'activité initiale

$A_t = 0{,}9 \times A_0$, $0{,}9 \times A_0 = A_0 \times e^{-\lambda t}$ => $0{,}9 = e^{-\lambda t}$ => t= -Ln 0,9/λ = 4,27 ans.