Université de Bejaia

Faculté de Technologie

Département de Technologie

Année universitaire 2022/2023

Série de TD N°2 de Chimie 1 (Licence)

Exercice 1

Soit un élément symbolisé par $^{A}_{Z}X^{q}$, on peut porter des indications chiffrées dans les trois positions A, Z et q. Que signifie précisément chacune d'elle ?

Indiquer le nombre de protons, neutrons, électrons et de charge des atomes ou ions suivants :

$$^{79}_{35}Br \ ; \ ^{81}_{35}Br \ ; \ ^{81}_{35}Br^{-} \ ; \ ^{16}_{8}O^{2-} \ ; \ ^{1}_{1}H \ ; \ ^{2}_{1}H \ ; \ ^{3}_{1}H \ ; \ ^{1}_{1}H^{+} \ ; \ ^{35}_{17}Cl \ ; \ ^{36}_{17}Cl^{-} \ ; \ ^{70}_{31}Ga^{3+} \ ; \ ^{235}_{92}U \ ; \ ^{238}_{92}U$$

Exercice 2

La masse du silicium naturel ($_{14}Si$) est de 28, 08271 uma.

Le silicium naturel est composé de trois isotopes dont les masses atomiques sont :

$^{28}_{14}Si$ = 27.97693 uma, $^{29}_{14}Si$ =28.97649 uma, $^{30}_{14}Si$ = 29.97376 uma.

1. Si l'abondance relative de $^{29}_{14}Si$ vaut 4.67 %, calculer l'abondance relative de chacun des deux autres isotopes.
2. Donner la constitution du noyau de chacun des trois isotopes.
3. En déduire le défaut de masse de l'isotope le plus abondant.
4. Calculer l'énergie de liaison d'un noyau de Fer ($^{56}_{26}Fe$).
5. Comparer la stabilité de l'isotope le plus abondant à celle du fer.

Données : m_p= 1,00728 uma, m_n= 1,00867 uma, c= 3.10^{8} m/s, 1 électron volt = 1,6. 10^{-19} J.
m_{Fe} = 55,9349uma

Exercice 3

Soit les notations abrégées suivantes :

1) $^{19}_{9}F$ (p, …) $^{16}_{8}O$ 2) $^{9}_{4}Be$ (p, d) …. 3) $^{59}_{27}Co$ (…., p) $^{60}_{27}Co$

4) ….. (d , n) $^{13}_{7}N$ 5) $^{26}_{12}Mg$ (n, …) $^{23}_{10}Ne$ 6) $^{63}_{29}Cu$ (…., n) $^{63}_{30}Zn$

2) $^{3}_{1}H$ (d, n).... 8) $^{6}_{3}Li$ (…. , a) $^{4}_{2}He$

1. Compléter les notations abrégées et écrire les réactions nucléaires correspondantes.
2. Trouver parmi celles-ci, les réactions de fusion, fission ou de transmutations
3. Identifier parmi ces réactions celles qui manifestent la radioactivité naturelle et artificielle.

4. Écrire la réaction de désintégration des nucléides radioactifs suivants : ${}^{14}_{6}C(\beta^-)$, ${}^{232}_{90}Th(\alpha)$, ${}^{15}_{8}O(\beta^+)$, sachant qu'à coté du symbole de chaque nucléide figure entre parenthèse la particule émise.

Exercice 4

Noyau	${}^{235}U$	${}^{146}La$	${}^{87}Br$
Masse du noyau (uma)	235,044	145,943	86,912
Z	92	57	35

1. L'atome ${}^{235}U$ peut subir une réaction de fission fournissant l'isotope ${}^{146}La$ et l'isotope ${}^{87}Br$. Écrire la réaction de fission et calculer le défaut de masse associé à cette réaction
2. Calculer l'énergie dégagée par la fission d'une mole d'atome de ${}^{235}U$ en (J/mol)
3. En déduire l'énergie dégagée par la fission d'un kilogramme d'uranium en (J/kg)

Exercice 5

I- Un noyau radioactif a une demi-vie de 1 s.

1. Calculer sa constante de désintégration radioactive λ.
2. A un instant donné, un échantillon, de cette substance radioactive a une activité de $11{,}1.10^7$ désintégrations par seconde. Calculer le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à cet instant.

II- Une substance radioactive dont la demi-vie est de 10 s émet initialement 2.10^7 particules α par seconde.

1. Calculer la constante de désintégration de cette substance.
2. Quelle est l'activité de cette substance ?
3. Initialement, combien y a-t-il en moyenne de noyaux radioactifs ?
4. Combien restera-t-il en moyenne de noyaux radioactifs après 30s ?
5. Quelle sera alors l'activité de la substance ?

III- Lors de la catastrophe de Tchernobyl, du césium 134 et du césium 137 ont été libérés dans l'atmosphère.

1. La période du césium 134 est T=2ans. En déduire la constante radioactive λ.
2. Au bout de combien de temps 99% du césium 134 libéré auront-il disparu ?
3. Répondre à la question précédente en considérant le césium 137 dont la période est 30ans.

corrigé de la série de TD N° (LMD) 2)

Exercice 1 :

* un élément symbolisé par $^{A}_{Z}X^{q}$
* la signification de X, A et Z.

A : nombre de masse = nombre de protons + nombre de neutrons

$\boxed{A = Z + N} \Rightarrow \boxed{N = A - Z}$

Z : nombre de protons ou numéro atomique,

q : nombre de charge = nombre de Protons - le nombre d'électrons

$q = nP - ne$

* le nombre de protons, neutrons, électrons et charges :

isotopes	nombre de Protons	nombre de neutrons	nombre d'é	nombre q
$^{79}_{35}Br$	35	44	35	0
$^{81}_{35}Br$	35	46	35	0
$^{81}_{35}Br^{-}$	35	46	36	-1
$^{16}_{8}O^{2-}$	8	8	10	-2
$^{1}_{1}H$	1	0	1	0
$^{2}_{1}H$	1	1	1	0
$^{3}_{1}H$	1	2	1	0
$^{1}_{1}H^{+}$	1	0	0	+1
$^{35}_{17}Cl$	17	18	17	0
$^{35}_{17}Cl^{-}$	17	18	18	-1
$^{70}_{31}Ga^{3+}$	31	39	28	+3
$^{235}_{92}U$	92	143	92	0
$^{238}_{92}U$	92	146	92	0

Exercice N°2 !

$m_{{}_{14}Si} = 28,08271$ uma.

m isotopes : ${}^{28}_{14}Si = 27,97693$ uma, ${}^{29}_{14}Si = 28,97649$ uma, ${}^{30}_{14}Si = 29,97376$ uma

1. abondance relative. x_2 de ${}^{29}_{14}Si = 4,67\%$.

calcul de l'abondance relative de ${}^{28}_{14}Si$ (x_1) et ${}^{30}_{14}Si$ (x_3):

on a :

$$\begin{cases} m_{moy} = \dfrac{\sum x_i m_i}{100} = \dfrac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3}{100} & \text{—— (1)} \\ \sum x_i = 100 \Rightarrow x_1 + x_2 + x_3 = 100 & \text{—— (2)} \end{cases}$$

$(2) \Leftrightarrow x_1 = 100 - x_2 - x_3 = 100 - 4,67 - x_3 = 95,3 - x_3$

$\Rightarrow x_1 = 95,33 - x_3$.

en remplaçant x_1 dans l'equation (1) on obtient :

$100 \times m_{oy} = (95,33 - x_3) m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3$

$100 \times 28,08271 = 95,33 \times 27,97693 + 4,67 \times 28,97649 + (m_3 - m_1) x_3$

$$\Rightarrow x_3 = \frac{2808,271 - 135,32020 - 2667,04073}{1,99683}$$

$$x_3 = \frac{6,34926}{1,99683} = 3,18\%$$

$\boxed{x_3 = 3,18\%} \Rightarrow x_1 = 95,33 - 3,18 = 92,15\%$

$\boxed{x_1 = 92,15\%} \Rightarrow$ le ${}^{28}_{14}Si$ est le plus abondant. (2)

2- Les constituants de chacun des isotopes :

isotopes	Z protons	N neutrons
$^{28}_{14}Si$	14	14
$^{29}_{14}Si$	14	15
$^{30}_{14}Si$	14	16

3- calcul de défaut de masse de l'isotope le plus abondant

$\Delta m = (Z m_p + (A-Z) m_n) - m_{réelle}$

* $^{28}_{14}Si$:

$\Delta m = (14 \times 1,00728 + 14 \times 1,00867) - 27,97693$

$\boxed{\Delta m = 0,24360\ uma}$

$\Delta m = 0,24360 \times 1,67 \times 10^{-27} = 0,406812 \times 10^{-27}\ kg$

$\boxed{\Delta m = 0,40681 \times 10^{-27}\ kg}$

4- calcul de l'énergie de liaison d'un noyau de $^{56}_{26}Fe$:

$\Delta m = 26 \times 1,0072 + 30 \times 1,00867 - 55,9349 = 0,51448$

$\boxed{\Delta m = 0,51448\ uma}$

$\Delta m = 0,51448 \times 1,67 \times 10^{-27} = 0,89918 \times 10^{-27}$

$\boxed{\Delta m = 0,89918 \times 10^{-27}\ kg}$

$E_L = \Delta m c^2 = 0,89918 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = 7,73263 \times 10^{-11}\ J$

$E_L = \dfrac{7,73263 \times 10^{-11}}{1,6 \times 10^{-13}} = 4.8329\ MeV$ $\boxed{E_L = 483,29\ MeV}$

5 : comparaison de la stabilité du $^{56}_{26}Fe$ à celle de $^{28}_{14}Si$

Pour comparer la stabilité des noyaux il faut comparer les énergies de liaisons par nucleons :

* calcul de $E_L(^{28}_{14}Si)$.

$$E_{L(^{28}_{14}Si)} = \Delta m c^2 = 10^{-27} \times 0,24360 \times (3 \times 10^8)^2 = 3,66 \times 10^{-11} J$$

$$E_L = \frac{3,66 \times 10^{-11}}{1,6 \times 10^{-13}} = 228,75 MeV$$

$$\boxed{E_{L(^{28}_{14}Si)} = 228,75 MeV}$$

* calcul de $\frac{E_L}{A}$ de chaque noyau :

$$\boxed{\frac{E_L}{A}(^{28}_{14}Si) = \frac{228,75}{28} = 8,16 MeV/nucleon}$$

$$\boxed{\frac{E_L}{A}(^{56}_{26}Fe) = \frac{483,29}{56} = 8,63 MeV/nucleon}$$

On a : un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucleon est plus grande $\Rightarrow$ le noyau $^{56}_{26}Fe$ est plus stable que le noyau $^{28}_{14}Si$.

ce résultat est logique puisque $\frac{E_L}{A}$ $^{56}_{26}Fe$ présente un maximum sur la courbe d'Aston.

Exercice 3 :

compléter les notation : une réaction radioactive peut s'écrire de deux manière : _ sous forme de réactions.

_ Sous forme de notations abrégées

dans les deux cas la loi de sody et Fagan doit être respectée : $\sum A$ produits = $\sum A$ réactifs.

$\sum Z$ produits = $\sum Z$ réactifs.

$\ast \; \underbrace{{}^{19}_{9}F(P,}_{\text{réactifs}} \underbrace{\alpha)^{16}_{8}O}_{\text{produits}}$

$${}^{19}_{9}F + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{16}_{8}O$$

$\sum A_{produits} = \sum A_{réactifs} \Rightarrow 19 + 1 = 16 + x \Rightarrow x = 4$

$\sum Z_{produits} = \sum Z_{réactifs} \Rightarrow 9 + 1 = 8 + x \Rightarrow x = 2$

$\Rightarrow$ c'est ${}^{4}_{2}He$

La réaction est une réaction de transmutation puisque qu'elle conduit à un élement de A et Z proche de celui du départ ; cette désintégration est artificielle.

2) ${}^{9}_{4}Be(P, d)^{8}_{4}Be$

$${}^{9}_{4}Be + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{8}_{4}Be$$

c'est une réaction de transmutation et la radioactivité est artificielle.

3) ${}^{59}_{27}Co\,(d, p)\,{}^{60}_{27}Co$

${}^{59}_{27}Co + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{60}_{27}Co$ (transmutation, Radioactivité artificielle)

4) ${}^{12}_{6}C\,(d, n)\,{}^{13}_{7}N$

${}^{12}_{6}C + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{13}_{7}N$ (Transmutation, Radioactivité artificielle).

5) ${}^{26}_{13}Mg\,(n, \alpha)\,{}^{23}_{10}Ne$

${}^{26}_{12}Mg + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{23}_{10}Ne$ (Transmutation, Radioactivité artificielle).

6) ${}^{63}_{29}C\,(P, n)\,{}^{63}_{30}Zn$

${}^{63}_{29}Cu + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{63}_{30}Zn$ (Transmutation, Radioactivité artificielle).

7) ${}^{3}_{1}H\,(d, n)\,{}^{4}_{2}He$

${}^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{4}_{H}He$ (fusion, Radioactivité artificielle).

8) ${}^{6}_{3}Li\,({}^{2}d, \alpha)\,{}^{4}_{2}He$

${}^{6}_{3}Li + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He$

4) Réaction de désintégration des nucléides : ${}^{14}_{6}C$, ${}^{232}_{90}Th$, ${}^{15}_{8}O$

${}^{14}_{6}C\,(\beta^-)$: ${}^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{7}N$

${}^{232}_{90}Th\,(\alpha)$: ${}^{232}_{90}Th \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{224}_{88}Ra$

${}^{15}_{8}O\,(\beta^+)$: ${}^{15}_{8}O \longrightarrow {}^{0}_{1}e + {}^{15}_{7}N$

Exercice 4 :

1. La réaction de fission de ^{235}U.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{146}_{57}La + ^{87}_{35}Br + 3^{1}_{0}n$$

2. L'énergie dégagée par une mole d'atome de $^{235}_{92}U$:

$$E = \Delta m c^2.$$

$$\Delta m = \Sigma m_{produits} - \Sigma m_{réactifs}.$$

$$\left(m_{^{146}_{57}La} + m_{^{87}_{35}Br} + 3 \times m_{^{1}_{0}n}\right) - \left(m_{^{235}_{92}U} + m_{^{1}_{0}n}\right) =$$

Remarque :

Si on a pas les masses des noyaux on peut prendre le nombre de masse A puisque la masse du noyau $m = Zm_p + Nm_N + \cancel{m_e}$.

$$m \approx Z m_p + N m_N.$$ $m_p = 1{,}00728 \approx 1$

$m_n = 1{,}00867 \approx 1$

$$\Rightarrow m \approx Z + N \approx A.$$

La valeur $m\ uma = M\ g/mol \Rightarrow M = \frac{m \times N_a}{N_a} = M\ g/mol$.

$$\Rightarrow \Delta m = 145{,}943 + 86{,}912 + 3 \times 1{,}00867 - (235{,}044 + 1{,}00867) =$$

$$\Delta m = -0{,}1716\ uma$$

$$E = -0{,}1716 \cancel{\times 10^{-3}} \times (3 \times 10^8)^2 \times 1{,}67 \times 10^{-27} = -2{,}58 \times 10^{-11}\ J/noyau$$

l'energie libérée par une mole de noyau $E' = E \times N_a$.

$E' = 2{,}58 \times 10^{-11} \times 6{,}023 \times 10^{+23} = -15{,}54 \times 10^{12}\ J/mole$.

$\boxed{E' = -15{,}54 \times 10^{12}\ J/mole}$

3) l'énergie dégagée en J par Kg.

1 mole de noyau contient 235,044 g.

x // // 1 K.g

$x = \frac{1000}{235{,}044} = 4{,}25\ mol.$

$\Rightarrow E' = -15{,}54 \times 10^{12}\ J \longrightarrow 1\ mol.$

$x \longrightarrow 4{,}25\ mol.$

$x = -\frac{4{,}25 \times 15{,}54 \times 10^{12}}{1} = 66{,}04 \times 10^{12}\ J/kg.$

$\boxed{E'' = 66{,}04 \times 10\ J/kg}$

exercice 5:

I –

1) calcul de λ d'un noyau qui a $T_{\frac{1}{2}} = 1s$.

$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0{,}69}{1} = 0{,}69\ s^{-1}$

$\boxed{\lambda = 0{,}69\ s^{-1}}$

2) calcul du nombre de noyaux présent à l'instant t.

$A = 11,1 \times 10^7$ dps. $\Rightarrow$ $A = \lambda N \Rightarrow N = \frac{A}{\lambda}$

$$N = \frac{11,1 \times 10^7}{0,69} = 1,6 \times 10^7 \text{ noyaux}.$$

$$\boxed{N = 1,6 \times 10^8 \text{ noyaux}}$$

II d'une substance a $T_{\frac{1}{2}} = 10s.$ $\xrightarrow{\text{emet}}$ 2×10^7 particules/s

1) calcul de la constante de désintégration de cette substance :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,69}{10} = 0,069\, s^{-1}$$

$$\boxed{\lambda = 0,069\, s^{-1}}$$

2) l'activité de cette substance :

On a 2×10^7 particules émise par 1 s.

on a aussi 1 particule α libère 1 noyau de substance

$\Rightarrow 2 \times 10^7$ particule α émise correspond à 2×10^7 noyau de substance désintégrée $\Rightarrow$ $\boxed{A = 2 \times 10^7 \text{ dps}}$

III calcul du nombre de noyau N_0 : $A_0 = \lambda N_0$.

$$N_0 = \frac{A}{\lambda} = \frac{2 \times 10^7}{0,069} = 28,98 \times 10^7 \text{ noyaux}.$$

$\boxed{N_0 = 28,98 \times 10^7 \text{ noyaux}}$

4) le nombre de noyaux restant après 30s.

$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow 2,89 \times 10^8 e^{-0,069 \times 30} = 3,6 \times 10^7$ noyaux

$\boxed{N = 3,6 \times 10^7 \text{ noyaux}}$

5/ l'activité de la substance:

$A_t = A_0 e^{-\lambda t} = 2 \times 10^7 e^{-0,069 \times 30} = 2,48 \times 10^6$

ou bien $A_t = \lambda \times N_t = 0,069 \times 3,6 \times 10^7 = 2,48 \times 10^6$

$\boxed{A_t = 2,48 \times 10^6 \text{ dps} = 2,48 \times 10^6 \text{ Bq}}$ 1 dps = 1 Bq.

III Calcul de la constante radioactive λ.

$T_{1/2}$ (césium 134) = 2 ans.

$\lambda_1 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,69}{2} = 0,345$

$\boxed{\lambda_1 = 0,345 \text{ ans}^{-1}}$

2) le temps au bout duquel 99% de césium 134 libéré auront disparu? :

$\Rightarrow$ 1% de césium restant.

$N_0 \longrightarrow 100\%$

$N \longrightarrow 1\%$

$\Rightarrow N = \frac{N_0}{100}$

$\Rightarrow$ On a $N = N_0 e^{-\lambda t}$.

loi

$\Rightarrow \frac{N_0}{100} = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t} = \ldots$

$$t = \frac{\ln \frac{N_t}{N_0}}{\lambda} = 13,34 \text{ ans}$$

$$\boxed{t = 13,34 \text{ ans}}$$

2) le césium 137 a une période de 30 ans.

* calcule de λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,69}{30} = 0,023 \ s^{-1}$$

$$\boxed{\lambda = 0,023 \ s^{-1}}$$

* calcul de N. $N = \frac{N_0}{100}$.

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \frac{N_t}{N_0}}{\lambda} = 200 \text{ ans}.$$

$$\boxed{t = 200 \text{ ans}}.$$