

## Chapitre V

### Réaction nucléaire

#### I-Rappelle

On a trois types de réaction radioactive artificielle : la transmutation, la fission et la fusion :

**La transmutation:**

Exp.  $^{27}_{11}\text{Al} (\alpha, \eta) ^{30}_{13}\text{P}$  dans la transmutation nucléaires, le noyau formé  $^{30}_{13}\text{P}$  est très proche de celui du noyau cible.

**La fission**

$^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\eta \longrightarrow ^{140}_{56}\text{B} + ^{93}_{36}\text{K} + 3 ^1_0\eta$  dans la fission, l'atome lourd  $^{235}_{92}\text{U}$  se fissionne pour

dégager de l'énergie.

L'énergie donne naissance a deux ou plusieurs noyau ( $^{140}_{56}\text{B}$ ,  $^{93}_{36}\text{K}$ ); exemple: la bombe atomique.

**La fusion (l'union ≠ fission)**

Les atomes légers se réunissent pour former des noyaux plus lourds

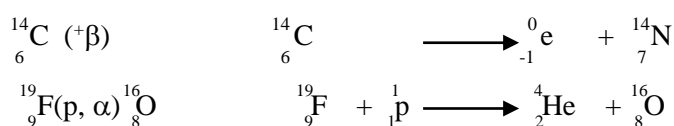
Exp. : (dans les bombes à hydrogène (bombe H) on provoque les Rx



**Quelque remarque:**

- $^{74}_{33}\text{As}$  (arsenic)<sup>m</sup> permet de déceler l'existence du tumeur au cerveau.
- $^{131}_{53}\text{I}$  (iode) est utilisé dans le fonctionnement de la glande thyroïde.
- L'utilisation de  $^{14}_6\text{C}$  permet de déterminer l'age des pièces archéologiques.
- $^{14}_6\text{C} \xrightarrow{\text{O}_2} \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{absorbé}} \text{plantes} \xrightarrow{\text{consommée}} \text{animaux} \xrightarrow{\text{consommée}} \text{humain}$
- Atome (noyau), le nombre de a est plus grand que la particule (léger).

On a deux notations:



Particules

	Z	A		
e	-1	0	→	${}_{-1}^0\text{e} \leftrightarrow \text{émission beta } ^-(\beta^-)$
$\eta$	0	1	→	${}^1_0\eta \leftrightarrow \text{réaction de } (\eta, p)$
p	1	1	→	${}^1_1\text{p} \leftrightarrow \text{réaction de } (\eta, p)$
$\alpha$	2	4	→	${}^4_2\alpha \leftrightarrow \text{émission } \alpha$
e	1	0	→	${}^0_1\text{e} \leftrightarrow \text{émission beta } ^+(\beta^+)$

**Rayon  $\alpha$ :**

Ce sont des noyaux d'hélium  ${}^4_2\text{He}$ . On transforme un nuclide lourd en un nuclide plus léger.

**Rayon  $\beta$ :**

Constitués par des électrons expulsés d'atomes radioactifs lors de la conversion d'un neutron en un proton

**Rayon  $\beta^+$  ou positron:**

Certain éléments artificiels émettent des rayons  $\beta^+$  qui sont des éléments positifs de même masse que les électrons mais de charge positive (+e). Ils proviennent de la transformation d'un proton en un neutron.

**Rayon  $\gamma$ :**

Sont dangereux pour l'espèce humaine (rayon X). Le nombre de masse et les numéros atomiques ne changent pas lors de ce processus.

**Loi de désintégration radioactive:  $N=N_0e^{-\lambda t}$**

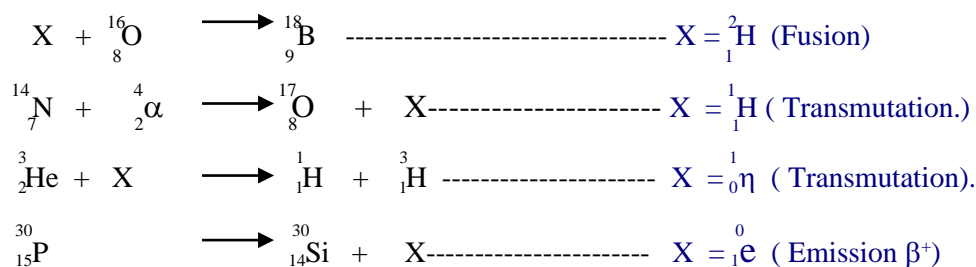
**Période de désintégration :** est le temps au bout du quel la moitié des atomes s'est désintégré

$t= T, N=N_0/2$  on obtient  $\text{Log } 2= \lambda T$ .

## II-Série d'exercices avec solution

**Exercice 1**

**Solution 1**



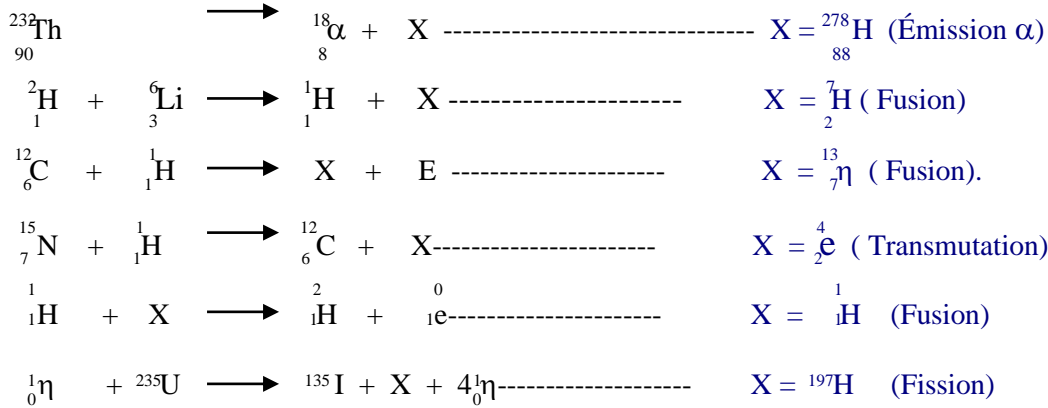
27	30	23	23	6	7	1	1	1
13	15	11	12	3	3	0	0	1

Al( $\alpha$ ,X) p , Na(X, $\eta$ ) Mg , Li(X, $\eta$ ) Li ----- X =  $\eta$  , X =  $\eta$  , X = P (

Transmutation )

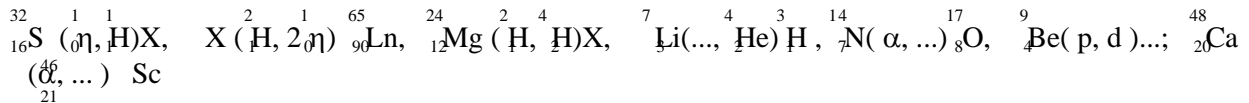
### Exercice 2

### Solution 2

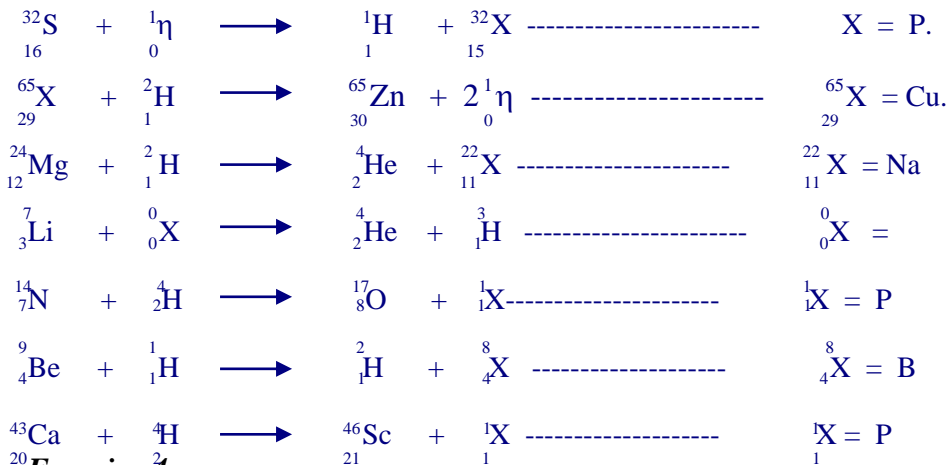


### Exercice 3

Complété les notions abrégées et écrire les réactions suivantes:



### Solution 3



### Exercice 4

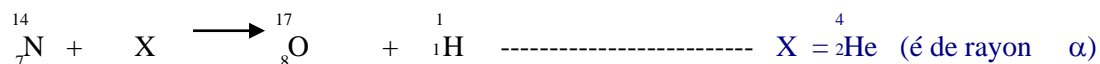
\* Soit le nucléides  ${}_{9}^{20}\text{F}$

1- Quelle est la constitution du noyau ?

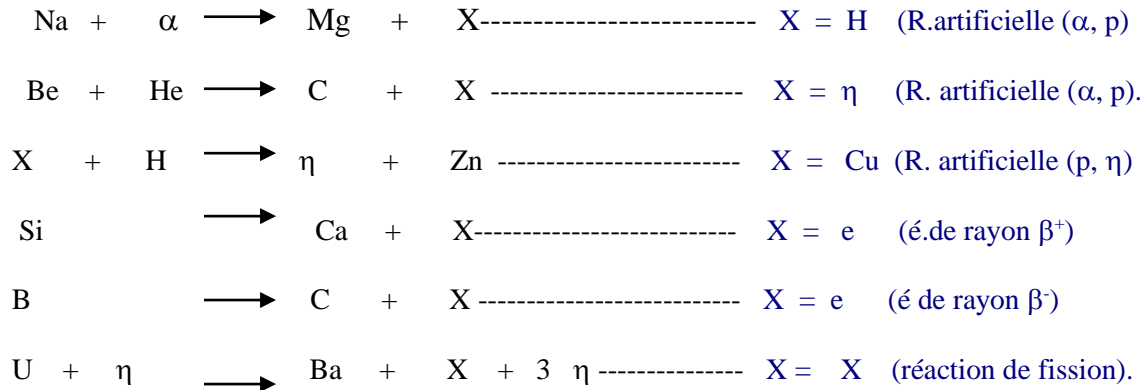
2- Quel est le défaut de masse correspondant. En déduire l'énergie de liaison par nucléon. On donne les masses du proton  $1,00758\mu$ , du neutron  $1,00897\mu$  et du noyau  $\text{F}: 20,0063$ .

20

\* compléter les réactions nucléaires en indiquant leur nature:



23	4	26		57		1			
11	2	12				1			
9	4	12				1			
4	2	6				0			
	1	1	63			63			
	1	0	30			29			



\*Quel est le temps nécessaire pour que 80% des atomes d'une substance radioactive se désintègre ?  
On donne la période de désintégration  $T = 35 \text{ ans. ?}$

### Solution 4

\* Le nuclide F est formé de 9 protons et 11 neutron . on a  $A=20, Z= 9, N= A-Z= 11.$

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$$

$$= (9 \cdot 1,00758 + 11 \cdot 1,00897) - 20,0063 \Rightarrow \Delta m = 0,16 \mu$$

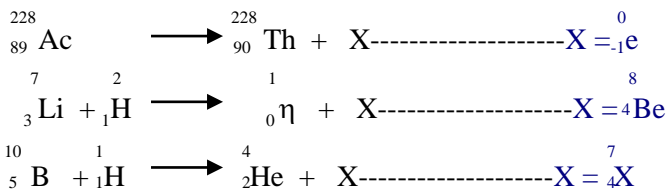
$$= 0,16 \mu$$

\* l'énergie de liaison est  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,16 \cdot 1,7 \cdot 10^{-27} (3 \cdot 10^8)^2 = 2,39 \cdot 10^{-11} \text{ J}.$

L'énergie de liaison par nucléon est  $\Delta E_n = \Delta m \cdot c^2 / A = \Delta E / A = 2,39 \cdot 10^{-11} / 20 = 1,195 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 7,468 \text{ Mev}$

### Exercice 5

1- complété et indiquer la nature des réaction nucléaires:



2-L'explosion nucléaire d'Hiroshima a nécessité 2kg de U et a libérée une énergie totale de  $16,4 \cdot 10^{14} \text{ J}$ . Calculer la masse de manière restante après la fission. La vitesse de lumière est  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m / s}$

3- L'astate existe sous deux forme isotopiques  ${}_{85}^{210}\text{At}$  et  ${}_{85}^{212}\text{At}$  de masse atomique de 209,64 uma, =211,66 respectivement.

a- Quels sont les nombres de neutrons, de protons dans les a isotopes ?

b- Sachant que la masse atomique de At naturel est de 210,197  $\mu$ , déterminer l'abondance relative des deux isotopes.

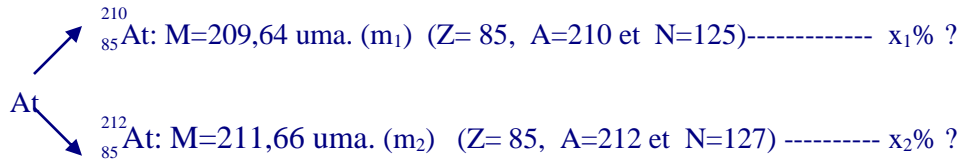
### Solution 5

2- l'énergie de liaison est  $\Delta E = 16,4 \cdot 10^{14} \text{ J}$  ( énergie libérée total de la réaction de fission)

# Réaction nucléaire | Chapitre V

$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow \Delta m = \Delta E / c^2 = 1,64 \cdot 10^{14} / 9 \cdot 10^{16} = 0,182 \cdot 10^{-2} \text{ kg} = 1,82 \text{ g}$ .  
 La masse restante est donc:  $2000 - 1,82 = 1998,18 \text{ g} = 1,99818 \text{ kg}$ .

3-a) la constitution de deux noyaux:



3-b) Le mélange de deux isotopes donne l'astate naturel  $M_t = x + y = 210,197 \mu$

$m_{x_1} \cdot x_1\% + m_{x_2} \cdot x_2\% = 100M_t$   
 $x_1 + x_2 = 100$   
 $M_t = x + y = 210,197 \mu$

$$x_2\% = \frac{100 (M_t - m_{x_2})}{m_2 - m_1} \qquad x_1\% = \frac{100 (M_t - m_1)}{m_1 - m_2}$$

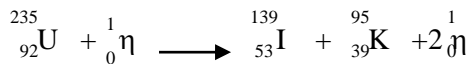
x<sub>1</sub> = 25,57% et x<sub>2</sub> = 72,43 %

**Exercice 6**

1- Calculer en Mev l'énergie de cohésion ( ou de liaison ) du noyau d'azote N, comparer la stabilité du noyau d'azote à du d'oxygène dont l'énergie de cohésion est de 131,52 Mev.

**On donne:** masse de proton = 1,00758  $\mu$ , masse du neutron = 1,00893 $\mu$ , masse du noyau d'azote = 14,0037 $\mu$

2- a) Soit la réaction nucléaire:



Quelle est l'énergie dégagé dans la réaction de fission ? On donne  ${}^{235}\text{U}(m = 235,044 \text{ uma})$ ,  ${}^{139}\text{I} = 138,955 \text{ uma}$ ,  ${}^{95}\text{K} = 94,945 \text{ uma}$  et  $\text{n} = 1,0086$ ).

b-) Quelle est l'énergie libérée dans la réaction de fusion suivante:  ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  conclusion?

Données:  ${}^3\text{H} = 3,01604 \text{ uma}$ ,  ${}^4\text{He} = 4,0026 \text{ uma}$ ,  ${}^2\text{H} = 2,01410 \text{ uma}$  et  ${}^1\text{n} = 1,00866 \text{ uma}$ .

**Solution 6:**

1- L'énergie de cohésion s'exprime par  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

La perte du masse est

$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$  pour N (Z = 7, N= 7)

$\Delta m = (7 \cdot 1,00758 + 7 \cdot 1,00893) - 14,0037 \Rightarrow$

$\Delta m = 0,11 \text{ uma}$

$\Delta m$  s'est transformée en énergie pour permettre aux protons et neutrons de se lier. On a:

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

$\Delta E = 0,11 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 164 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

$\Delta E = 102,5 \text{ Mev.}$

L'énergie de cohésion de l'oxygène  ${}^{16}\text{O}$  est nettement plus élevée . Cela implique une grande stabilité du noyau de cet élément.

2- L'énergie dégagée provient de la perte de masse  $\Delta m$  au cours de la fission . On a

$$\Delta m = \sum_{\text{masse produits}} - \sum_{\text{masse réactifs}} \text{ ( en valeurs absolue)}$$

$$\Delta m = (m^{95}\text{K} + m^{139}\text{I} + m^1\eta) - (m^{235}\text{U} + m^1\eta)$$

$$\Delta m = 0,135 \text{ uma} = 0,224 \cdot 10^{-27} \text{ Kg.}$$

La fission de l'uranium se fait avec une diminution de 0,135 uma et un dégagement équivalent d'énergie:

$$\Delta E = 0,224 \cdot 10^{-27} * 9 \cdot 10^{16} = 2,016 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

3- L'énergie dégagée provient de la perte de masse  $\Delta m$  au cours de la fusion . On a

$$\Delta m = \sum_{\text{masse produits}} - \sum_{\text{masse réactifs}} \text{ ( en valeurs absolue)}$$

$$\Delta m = (m^4\text{H} + m^1\eta) - (m^3\text{H} + m^2\text{H}).$$

$$\Delta m = 0,018 \text{ uma} = 31,3 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

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

$$\Delta E = 31,3 \cdot 10^{-30} * (3 \cdot 10^8)^2 = 2,81 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

**Conclusion :** la fission dégage plus d'énergie que la fusion.

### Exercice 7

On donne la réaction suivante:  ${}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He}$ .

La réaction de formation d'un noyau de He s'accompagne d'un dégagement d'énergie de  $-19,6 \text{ MeV}$ .

- 1- Quel type de réaction nucléaire s'agit-il ?
- 2- Calculer l'énergie en joules lors de la formation de 1g d'Hélium. ?
- 3- Calculer la masse atomique de  ${}^3\text{H}$  en (u)

Données:  ${}^4\text{He} = 4,0026 \text{ uma}$  et  $m_p = 1,007825 \text{ uma}$ .

### Solution 7:

1- le type de réaction est:

2- L'énergie de la formation de 1g d'Hélium s'exprime par  $\Delta E = \Delta m * c^2$

3-  $\Delta m = (Z * m_p + N * m_n) - m_{\text{noyau}}$

$$\Delta m = \sum_{\text{masse produits}} - \sum_{\text{masse réactifs}} \text{ ( en valeurs absolue)}$$

### Exercice 8

a) Calculer l'énergie libérée par la fusion de l'hydrogène en Hélium quand 4,032g d'hydrogène sont transformés en 4,003g d'Hélium.

b) Quelle est la quantité d'uranium U qui fournirait la même énergie par fission. On admet que la fission se fait de la façon suivante:  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\eta \longrightarrow {}^{139}_{56}\text{Ba} + {}^{96}_{36}\text{Kr} + {}^1_0\eta$

c) Comparer les deux réactions (fission et fusion) sur le plan énergétique.

d) Combien de tonnes de charbon faut-il brûler pour dégager la même énergie ? La chaleur de combustion est de 8000 calories par gramme.

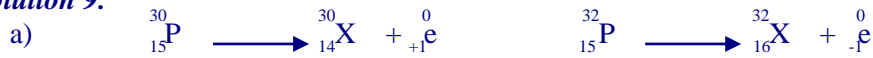
### Exercice 9

Le phosphore P est stable mais possède deux isotopes  ${}^{30}_{15}\text{P}$  et  ${}^{32}_{15}\text{P}$  l'un émetteur  $\beta^-$ , l'autre émetteur  $\beta^+$ .

a) Ecrire en les justifiant les deux réactions de désintégration.

b) L'électron éjecté lors du processus  $\beta^-$  a une énergie cinétique maximale de 1,71 MeV et la masse de l'atome de phosphore dont le noyau émet des  $\beta^-$  ?

**Solution 9:**



b)  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$  et  $\Delta m = \sum \text{masse produits} - \sum \text{masse réactifs}$  (en valeurs absolue)  
 $\Delta m = \Delta E / c^2 = 1,71 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} / (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow \Delta m = 0,30410^{-29} \text{ Kg.}$

1uma  $\longrightarrow$  1,666  $10^{-27}$  g  
 x  $\longrightarrow$   $\Delta m$  (0,304  $10^{-29}$ )      x = 0,0018uma

**Exercice 10**

L'énergie de liaison par nucléons est couramment exprimée en MeV

a- Calculer l'équivalent de cette unité en joule, en Erg et k cal.

b- Exprimer en MeV l'équivalent énergétique de l'unité de masse atomique et l'équivalent énergétique de la masse de l'électron.

2- Calculer l'énergie de cohésion des noyaux d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  et de lithium  ${}^7_3\text{Li}$ . Quelle signification physique donne-t-on à l'énergie de cohésion ramenée à un nucléon ? Calculer cette énergie en MeV pour les deux noyaux et en déduire lequel est le plus stable.

**Données:**  $M_p = 1,00727\text{U}$ ,  $M_n = 1,00866\text{U}$ .  $M_{\text{He}} = 4,00260\text{U}$  et  $M_{\text{Li}} = 7,01601\text{U}$ .

**Solution 10**

2-

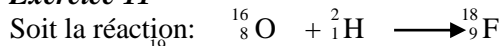
	<i>L'énergie de cohésion <math>\Delta E/A</math></i>	
<i>Pour le He</i>		<i>Pour le Li</i>
$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$	$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$	$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$
$= (2 \cdot 1,00727 + 2 \cdot 1,00866) - 4,0026$	$= (3 \cdot 1,00727 + 4 \cdot 1,00866) - 7,01601$	$= (3 \cdot 1,00727 + 4 \cdot 1,00866) - 7,01601$
$\Delta m = -0,02926 \text{ uma.}$	$\Delta m = -0,04044 \text{ uma.}$	$\Delta m = -0,04044 \text{ uma.}$
$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$	$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$	$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
$= -0,02926 (3 \cdot 10^8)^2$	$= -0,04044 (3 \cdot 10^8)^2$	$= -0,04044 (3 \cdot 10^8)^2$
$\Delta E = -0,044 \cdot 10^{-10} \text{ J}$	$\Delta E = -50,39 \cdot 10^{-13} \text{ J}$	$\Delta E = -50,39 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
$\Delta E = -27,5 \text{ MeV.}$	$\Delta E = -19,68 \text{ MeV.}$	$\Delta E = -19,68 \text{ MeV.}$
$\Delta E/A = -27,5 / 4 = -6,9 \text{ MeV. Par nucléon.}$	$\Delta E/A = -19,68 / 7 = -2,81 \text{ MeV. Par nucléon.}$	$\Delta E/A = -19,68 / 7 = -2,81 \text{ MeV. Par nucléon.}$

**Conclusion** le noyau le plus stable c'est celui qui dégage le plus d'énergie (par nucléon).

Donc c'est He.

1eV  $\longrightarrow$  1,6  $10^{-19}$  J et 1 MeV  $\longrightarrow$  106 Ev.

**Exercice 11**



1- L'isotope  ${}^{19}\text{F}$  perd 90% de sa réactivité initiale en 366 mn, déterminer la constante et la période radioactive de cet élément

2- Déterminer la vie moyenne du fluor. Sachant qu'elle est donnée par l'expression :

$$t' = -\frac{1}{N} \int_{N_0}^0 t dN \text{ on donne } \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda^2}$$

**Données :** masse atomique en uma N = 14,00754; O = 17,00450 et He = 4,00388; H = 1,00781.

### Solution 11

1-  $A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow t = 0 \ A_0 = 100\%$

$$t \quad A = 100 - 90 = 10 \%. \quad t = \frac{1}{\lambda} \text{Ln} \frac{A}{A_0} \Rightarrow \lambda = 62,9 \cdot 10^{-4} \text{ mn}^{-1}.$$

$$T = \text{Ln}2/\lambda \Rightarrow T = \text{Ln}2/62,9 \cdot 10^{-4} \Rightarrow T = 109,6 \text{ mn}.$$

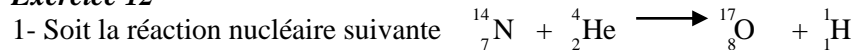
2- La vie moyenne du fluor se détermine en notant que

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N \Rightarrow dN = -\lambda N dt = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} dt \text{ d'ou en remplace}$$

$$t' = -\frac{1}{N} \int_{N_0}^0 t dN = \frac{1}{N} \int_0^{\infty} t -\lambda N_0 e^{-\lambda t} dt = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt \text{ donc:}$$

$$t' = \lambda \cdot 1/\lambda^2 = 1/\lambda \text{ soit } t' = 1/62,9 \cdot 10^{-4} = 158,98 \text{ mn}$$

### Exercice 12



- Complété cette réaction et indiquer sa nature.
- Absorbe t-elle ou dégages-elle de l'énergie? Quelle est en MeV la valeur de cette énergie?

2- Dans la nature, le carbone est formé d'un mélange isotopique composé de C (12,00000 uma), C (13,00335 uma) et du C (14,00324 uma).

- quel isotope estimez-vous le plus stable?
- Vérifier votre réponse en calculant les énergie de liaison par nucléon.

3- L'isotope  ${}^{17}\text{O}$  perd 75,5% de sa radioactivité initial en 266 minutes. a) Déterminer la période radioactive de cet élément.

4- Soient les réactions nucléaires suivantes :



- Compléter ces équations et calculer la masse atomique réelle du carbone
- Calculer la masse moléculaire de la molécule  $\text{CO}_2$  créée à partir d'oxygène isotopiquement pur  ${}^{16}\text{O}$

5- le noyau de l'isotope  ${}^{234}_{92}\text{U}$  s'est transformé par désintégration radioactive en  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$

- Combien de particules  $\alpha$  et  $\beta$  sont émises
- La période de désintégration de est  $4,5 \cdot 10^8$  années, calculer  $\lambda$
- Calculer le temps au bout duquel 90% de l'élément se sont désintégrés.

**Données:** N = 14,00754 uma ;  ${}^{17}\text{O}$  = 17,00450 uma ;  ${}^{16}\text{O}$  = 15,9949 ; He = 4,00388 uma ; H = 1,00727 uma.

### Solution 12



b)

$$\Delta m = \sum \text{masse produits} - \sum \text{masse réactifs} \text{ ( en valeurs absolue )}$$



# Réaction nucléaire | Chapitre V

$$\Delta m = (m_O + m_H) - (m_N + m_{He})$$

$$= (17,00450 + 1,00727) - (14,00754 + 4,00388)$$

$$\Delta m = 0,000358 \text{ uma}$$

$\Delta m > 0 \Rightarrow \Delta E > 0$  donc la réaction absorbe de l'énergie.

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow \Delta E = -0,000358 (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$$

$$\Delta E = 0,33435 \text{ MeV}$$

2- a)  $^{12}\text{C}$  l'isotope le plus stable car ( $Z=N$ ) et son pourcentage est plus élevé.

$$^{12}\text{C} (6p + 6n)$$

$$\Delta m = \text{masse}_{\text{réel}} - \text{masse}_{\text{théorique}}$$

$$\text{masse}_{\text{théorique}}$$

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$$

$$m_{\text{noyau}}$$

$$= (6 \cdot 1,00727 + 6 \cdot 1,00866)$$

$$8 \cdot 1,00866)$$

$$- 12,0000$$

$$\Delta m = -0,0956 \text{ uma.}$$

$$0,1009708 \text{ uma.}$$

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

$$= -0,0956 (3 \cdot 10^8)^2$$

$$(3 \cdot 10^8)^2$$

$$\Delta E = -89,29 \text{ MeV}$$

$$\Delta E/A = -89,29/12$$

$$\Delta E/A = -7,44 \text{ MeV}$$

$$^{13}\text{C} (6p + 7n)$$

$$\Delta m = \text{masse}_{\text{réel}} - \text{masse}_{\text{théorique}}$$

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{noyau}}$$

$$= (6 \cdot 1,00727 + 7 \cdot 1,00866)$$

$$- 13,00335$$

$$\Delta m = -0,100938 \text{ uma.}$$

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

$$= -0,100938 (3 \cdot 10^8)^2$$

$$\Delta E = -94,25 \text{ MeV}$$

$$\Delta E/A = -94,25/13$$

$$\Delta E/A = -7,25 \text{ MeV}$$

$$^{14}\text{C} (6p + 8n).$$

$$\Delta m = \text{masse}_{\text{réel}} -$$

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) -$$

$$= (6 \cdot 1,00727 +$$

$$= 14,00324$$

$$\Delta m = -$$

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

$$= -0,1009708$$

$$\Delta E = -102,43 \text{ MeV}$$

$$\Delta E/A = -94,25/14$$

$$\Delta E/A = -7,31 \text{ MeV}$$

**Plus  $\Delta E/A \uparrow$  plus la stabilité  $\uparrow$  donc  $\Rightarrow$   $^{12}\text{C}$  est le plus stable.**

$$3- N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow$$

$$t = 0 \text{ ----- } N_0 = 100\% \quad t \text{ ----- } N = 100 - 75,5 = 24,5 \%. \quad \lambda = \frac{1}{t} \text{Ln} \frac{N}{N_0} \Rightarrow \lambda = 52,87 \cdot 10^{-4}$$

$\text{mn}^{-1}$ .

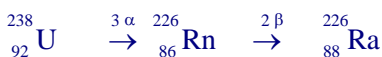
$$T = \text{Ln}2/\lambda \Rightarrow T = \text{Ln}2/52,87 \cdot 10^{-4} \Rightarrow T = 130,5 \text{ mn.}$$



Le nombre de masse du carbone est égal à 12 uma par définition. On a une abondance de 98,89% donc la masse du carbone est:  $\frac{12 \cdot 98,89}{100} + \frac{13,000335 \cdot 1,11}{100} = 12,0111 \text{ uma.}$

On a  $m(\text{CO}_2) = 12,0111 + 2 \cdot 15,9949 = 44,0009 \text{ uma.}$

5- Le noyau de l'isotope  $^{238}_{92}\text{U}$  s'est transformé par désintégration radioactive en  $^{226}_{88}\text{Ra}$  on a donc:

$$\left\{ \begin{array}{l} (238-226) = 12 \Rightarrow 12 / 4 = 3 \text{ on a } 3 \text{ émission } \alpha \\ (92-88) = 4 \quad \text{par conséquent il se produit } 6 - 4 = 2 \Rightarrow 2 \text{ émission } \beta \end{array} \right.$$


4-  $T = 4,5 \cdot 10^8$  années  $T = \ln 2 / \lambda \Rightarrow \lambda = 1,54 \cdot 10^{-9} \text{ an}^{-1}$

$A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow t = 0 \quad A_0 = 100\%$

$t \quad A = 100 - 90 = 10 \%. \quad t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A}{A_0} \Rightarrow t = 1,49 \cdot 10^9 \text{ années.}$

**Exercice 13**

L'iode  $^{131}\text{I}$  et l'iode  $^{123}\text{I}$  sont utilisés dans le domaine de la médecine. Lors de la désintégration de  $^{131}\text{I}$ , il y a émission d'une particule  $\beta^-$  et un photon  $\gamma$

1- Ecrire la réaction nucléaire.

2- Donner la constitution du noyau de chaque isotope.

3- Si on considère que dans un examen médical, on utilise  $10^{-8}$  grammes d'iode  $^{131}\text{I}$  et  $0,94 \cdot 10^{-8}$  gramme d'iode  $^{123}\text{I}$ .

a) Déterminer le nombre de noyaux radioactifs de chaque isotope à l'état initial ?

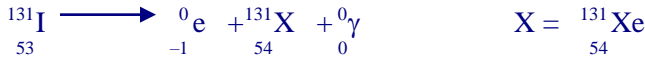
b) Calculer leurs activités respectives et comparer les résultats obtenus.

4- Au bout d'un certain temps, les activités des deux isotopes deviennent égales. Déterminer ce temps.

**Données:**  $\mathcal{N} = 6,023 \cdot 10^{23}$ ;  $T(^{131}\text{I}) = 8,1$  jours,  $T(^{123}\text{I}) = 13$  heures.

**Solution 13**

1-



2-



3-  $m_{01} = ^{131}\text{I}$

$N_{01} = m_{01} \cdot \mathcal{N} / M_1$

$N_{01} = 10^{-8} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} / 131$

$N_{01} = 4,5977 \cdot 10^{13}$  noyaux.

b-

$A_{01} = \lambda N_{01}$

$\lambda_1 = \ln 2 / T_1 = 0,693 / 8,1 \cdot 24$

$\lambda = 3,5648 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$

$A_{01} = 1,63898 \cdot 10^{11} \text{ dph}$

$A_1 = \lambda N_1$

$A_1 = 1,638 \cdot 10^{10}$

$m_{02} = ^{123}\text{I}$

$N_{02} = m_{02} \cdot \mathcal{N} / M_2$

$N_{02} = 10^{-8} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} / 123$

$N_{02} = 4,60294 \cdot 10^{13}$  noyaux.

b-

$A_{02} = \lambda N_{02}$

$\lambda_2 = \ln 2 / T_2 = 0,693 / 13$

$\lambda_2 = 5,33076 \cdot 10^{-2} \text{ h}^{-1}$

$A_{02} = 24,537168 \cdot 10^{11} \text{ dph}$

$A_2 = \lambda N_2$

$A_2 = 24,53 \cdot 10^{10}$

$^{123}\text{I}$  se désintègre plus vite que  $^{131}\text{I} \Rightarrow A_2 / A_1 = 15$

4-

$A_1 = A_{01} e^{-\lambda_1 t}$

$A_2 = A_{02} e^{-\lambda_2 t} \quad A_1 = A_2 \Rightarrow \ln \frac{A_{01}}{A_{02}} = t (\lambda_1 - \lambda_2) \Rightarrow t = 58,50 \text{ heures.}$

**Exercice 14**

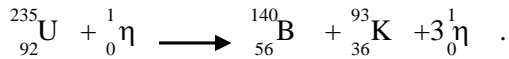
1- L'uranium naturel comporte trois isotopes:  ${}_{92}^{234}\text{U}$ ,  ${}_{92}^{235}\text{U}$  et  ${}_{92}^{238}\text{U}$

Donner les abondances isotopiques de  ${}^{235}\text{U}$  et  ${}^{238}\text{U}$ , celle de  ${}^{234}\text{U}$  est considéré comme négligeable.

2- L'isotopes radioactif  ${}^{235}\text{U}$  perd 87,7 % de son activité initial en 21,3 108 ans. Déterminer sa période radioactive.

3- Un échantillon de 500g d'uranium naturel a été conservé pendant 14,2 10<sup>8</sup> ans. Calculer la masse m de U qui ne s'est pas désintégrée.

4- Cette masse m est soumise à un bombardement neutronique selon la réaction nucléaire:



a) Identifier X ( donner Z et A ) et préciser la nature de cette réaction.

b) Calculer l'énergie en MeV (Méga électron – volts) qui accompagne la désintégration total de la masse m de <sup>235</sup>U.

**Données:**

U<sub>naturel</sub> = 238,02915 uma ; <sup>235</sup>U = 235,04390 uma.; <sup>238</sup>U = 238,05080 uma ; <sup>142</sup>Ba = 141,9200 uma; X = 91,9200uma N = 6,023 10<sup>23</sup>

**Solution 14**

1- Soit <sup>234</sup>U = x<sub>1</sub>, <sup>235</sup>U = x<sub>2</sub> et <sup>238</sup>U = x<sub>3</sub>.

$$\begin{cases} \sum M_i P_i = 100M_t \\ \sum x_i = 100 \text{ et} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_{x2} * x_{2\%} + m_{x3} * x_{3\%} = 100M_t \\ x_2 + x_3 = 100 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{2\%} = \frac{100M_t - m_{x3}}{m_{x2} - m_{x3}} \end{cases}$$

x<sub>3</sub> = 99,28% et x<sub>2</sub> = 0,72 %

2- A = (100-87,5) = 12,7 % et A<sub>0</sub> = 100 % ⇒ A/A<sub>0</sub> = e<sup>-λt</sup>, λ = Ln / T ⇒ t / T Ln2 = Ln2<sup>3</sup> ⇒ t = 3T

T=7,110<sup>8</sup>an

3- masse de <sup>235</sup>U contient dans 500g de U<sub>naturel</sub>, U<sub>nat</sub> = 500\* 0,72 / 100 = 3,6g. et t = 2T (donnée).

m<sub>0</sub> = 3,6 g de <sup>235</sup>U, Ln  $\frac{m_0}{m}$  = Ln 4 ⇒ m = 0,9g.

4- <sup>92</sup>X, c'est une réaction de fission nucléaire.

Δm = Σmasse produits - Σmasse réactifs ( en valeurs absolue)

Δm = (m <sup>142</sup>Ba + m <sup>92</sup>X + 2 m <sup>1</sup>η) – ( m <sup>235</sup>U + m <sup>1</sup>η)

Δm = -0,1952 uma.

ΔE = Δm\*c<sup>2</sup> = -82,268 MeV N = m N/M = 0,9\*6,023 / 235 = 23,0668 10<sup>20</sup> noyaux.

ΔE<sub>Total</sub> = NΔE = -4,2 10<sup>23</sup> MeV ΔE<sub>Total</sub> = -4,2 10<sup>23</sup> MeV

**Exercice 15**

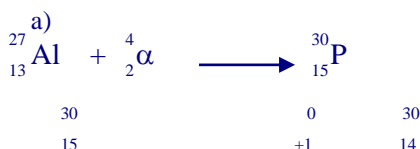
L'isotope <sup>27</sup><sub>13</sub>Al, bombardé par des particules α, donne l'isotope <sup>30</sup><sub>15</sub>P

a) Ecrire la réaction nucléaire correspondante.

b) L'isotope <sup>30</sup>P est également instable et émet des positons β<sup>+</sup> quel est le neveu élément formé après émission des positons ?

La période du <sup>30</sup>p est T = 3 minutes, quel est le nombre de β<sup>+</sup> émis au bout de 12 minutes par 16 grammes de phosphore p.

**Solution 15**



b)  $P \longrightarrow \beta + Si$   
 $N_0 = m_0 \cdot \mathcal{N} / M = 16 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} / 30 \Rightarrow N_0 = 3,21 \cdot 10^{23} \text{ noyaux}$   
 $\lambda = \text{Ln}2 / T = 0,693 / 3 = 0,24 \text{ mn}^{-1}$   
 $N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow N = 3,21 \cdot 10^{23} e^{-0,24 \cdot 12} \Rightarrow N = 2,21 \cdot 10^{23} \text{ noyaux}$

**Exercice 16**

1- 1g de Bismuth ( $^{212}_{83}B$ ) émetteur de particules  $\alpha$ , donne  $928 \cdot 10^{18}$  désintégration en 34,5 minutes. Calculer la période T  
 2- Calculer le volume d'Hélium dégagé en 1heure d'activité (on suppose qu'une mole de gaz occupe un volume de 22,4 litres).

**Exercice 17**

1- Le curie (symbole Ci) est une unité d'intensité radioactive. Il correspond par définition à la quantité de substance radioactive dans laquelle se produisent  $3,7 \cdot 10^{10}$  désintégrations par seconde. Quelle est la masse de radium  $^{226}Ra$  dont l'intensité est de 1 Ci ? (La période du  $^{226}Ra$  est de 1590 années.).  
 2- Même question pour le  $^{40}K$  ( $\lambda = 1,49 \cdot 10^9 \text{ an}$ ) et  $^{137}Ba$  ( $\lambda = 2,6 \text{ mn}$ )  
 3- Calculer l'activité du gaz tritium dans les conditions normales de température et de pression en curie par  $\text{Cm}^3$ , sachant que sa période est de 3 ans.

**Solution 17**

1-  
 $Bq = 1 \text{ dps} \Rightarrow Bq = 1 \text{ désintégration par seconde.}$   
 - 1 curie (activité qu'aurait 1g d radium = 1Ci  
 $A = \lambda N \Rightarrow N = A \cdot T / \text{Ln}2 = 3,7 \cdot 10^{10} (1590 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 3600) / 0,693 \Rightarrow N = 2,64 \cdot 10^{21} \text{ atomes.}$   
 $\mathcal{N} \longrightarrow 226$   
 $N \longrightarrow m \Rightarrow m = N \cdot 226 / \mathcal{N} \Rightarrow m = 2,64 \cdot 10^{21} \cdot 226 / 6,23 \cdot 10^{23} \Rightarrow m = 1 \text{ g}$

2-  $A = \lambda N \Rightarrow N = A \cdot T / \text{Ln}2$  et  $m = N \cdot 226 / \mathcal{N}$   
 Pour le  $^{40}K$   $N = 2,52 \cdot 10^{27}$  atomes et  $m = 167 \text{ Kg.}$   
 Pour le  $^{137}Ba$   $N = 8,36 \cdot 10^{12}$  atomes et  $m = 19 \cdot 10^{-13} \text{ Kg.}$

3- Dans les conditions normales on a pour un atome,  $0^\circ\text{C}$  273,15 K.  
 $1 \text{ mole} \longrightarrow 22400 \text{ Cm}^3$   
 $N \longrightarrow 1 \text{ Cm}^3 \quad N = 1/22400 = 44 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$   
 Si on appelle N nombre de molécule de  $^3He$  et n nombre d'atomes de  $^3He$  on donc:  
 $n = \mathcal{N} \cdot N \cdot 2 = 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 44 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 5,37 \cdot 10^{19} \text{ atomes de He.}$   
 $A = \lambda n \Rightarrow A = n \cdot \text{Ln}2 / T = 0,693 \cdot 5,37 \cdot 10^{19} / 3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \Rightarrow A = 3,97 \cdot 10^{11} \text{ dps}$

$1 \text{ Ci} \longrightarrow 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps}$   
 $x \longrightarrow 3,97 \cdot 10^{11} \text{ dps} \quad (x = 10,7 \text{ Ci})$

**Exercice 18**

Un échantillon radioactif de thorium 227 pur, de masse 1mg émet  $1,6 \cdot 10^{12}$  particules  $\alpha$  par seconde.

- 1- Calculer le nombre de noyau radioactif  $N_0$  initialement présents dans cet échantillon ?
- 2- Calculer la constante radioactive  $\lambda$  du Thorium et déduisez sa période?
- 3- Combien de noyau de Thorium 227 restera t'il au bout de 24 jours dans l'échantillon ?.

**Solution 18**

1- Le nombre de noyaux radioactifs  $m_0 = 1\text{mg} = 10^{-3}$ ,  $M = 227$

$$N_0 = N \cdot m_0 / M = 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-3} / 227. \Rightarrow N_0 = 2,65 \cdot 10^{18} \text{ atomes de Th.}$$

$$2- A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow \lambda = A_0 / N_0 = 1,6 \cdot 10^{12} / 2,65 \cdot 10^{18}$$

$$T = \text{Ln}2 / \lambda = 0,693 / 0,67 \cdot 10^{-6}$$

3- Le nombre de noyaux après 24J

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow N = 2,65 \cdot 10^{18} e^{-0,67 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 24 \cdot 3600} \Rightarrow$$

$$\lambda = 0,67 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$T = 1,03 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$$

$$N = 26,6 \cdot 10^{17} \text{ atomes}$$

**Exercice 19**

La radioactivité naturelle peut se présenter parfois un danger pour l'homme.

L'americanium  $^{243}\text{Am}$  se trouve dans les résidus des produits aromatiques, sa constante radioactive est de  $9,4 \cdot 10^{-5} \text{ an}^{-1}$ . Si l'on veut mettre à l'abri l'homme et les produits alimentaires, il faut isoler ces résidus pendant un temps correspondant à 20 périodes.

- 1- Combien faut-il d'années pour que le danger de contamination par Am disparaisse ?
- 2- L'activité initiale de Am étant de 120Bq, quelle sera son activité au bout de 20 périodes ?

**Solution 19**

$$1- T = \text{Ln}2 / \lambda \quad \zeta = 20 T \quad \zeta = 20 \text{ Ln}2 / \lambda = 147478,12 \text{ ans} \Rightarrow \zeta = 1474,78 \text{ siècles.}$$

$$2- A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow t = 20 T = 20 \text{ Ln}2 / \lambda$$

$$A = A_0 e^{-20 \text{ Ln}2} \Rightarrow A = 120 e^{-20 \text{ Ln}2} \Rightarrow A = 1,14 \cdot 10^{-4} \text{ Bq.}$$