

Exercice 6

Dans cet exercice, on s'aidera du tableau périodique des éléments.

1. Compléter les différentes réactions nucléaires suivantes, nommer le type de radioactivité et les éléments manquants.

- a) ${}_{53}^{132}\text{I} \rightarrow \dots + {}_{-1}^0\text{e}$
 b) ${}_{84}^{212}\text{Po} \rightarrow \dots + {}_2^4\text{He}$
 c) $\dots \rightarrow {}_{25}^{49}\text{Mn} + \gamma$

2. Écrire l'équation de la désintégration dans les cas suivants.

- a) Le plutonium 239 est un émetteur α .
 b) Le potassium 40 est un émetteur β^- .
 c) Le potassium 37 est un émetteur β^+ .
 d) L'iode 123 est un émetteur γ .

Exercice 8

Le thorium 232 se désintègre en radium 228 qui se désintègre lui-même en actinium 228, et ainsi de suite. L'ensemble des noyaux constitue la famille du thorium 232. Il s'agit du thorium 232, radium 228, actinium 228, thorium 228, radium 224, radon 220, polonium 216, plomb 212, bismuth 212, polonium 212 et finalement du plomb 208 qui est stable.

1. Construire le diagramme (N,Z) de la famille du thorium.
 2. Préciser le type de radioactivité pour passer d'un noyau à un autre.

Exercice 9

On dispose d'un échantillon radioactif d'iode 128 de demi-vie $t_{1/2} = 25$ min.

1. Calculer le pourcentage d'iode 128 qui reste au bout de :
 a) 50 min.
 b) 75 min.
 2. En déduire, dans les deux cas, le pourcentage d'iode 128 qui s'est désintégré.

Exercice 10

À l'instant $t = 0$, le nombre moyen de noyaux de technétium 99m dans une dose injectée à un patient réalisant une tomoscintigraphie est N_0 .

1. Reproduire et compléter le tableau suivant en fonction de N_0 .

t	0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$...	$nt_{1/2}$
N(t)						

2. En déduire le pourcentage de noyaux de technétium 99m restant par rapport au nombre initial de noyaux, au bout de $2t_{1/2}$. Quel est alors le pourcentage de noyaux désintégrés ?
 3. Construire le graphique représentant le pourcentage de noyaux désintégrés en fonction du temps.

Rappel : $2^0 = 1$

Exercice 11

On étudie la radioactivité du bismuth 214 à l'aide d'un détecteur et on a obtenu le tableau suivant :

Temps (min)	Taux de comptage (coups par seconde)
0	300
6	240
12	198
18	160
24	130
30	100
36	84

1. Rechercher ce qu'est un taux de comptage.
 2. Tracer le graphe représentant le taux de comptage en fonction du temps.
 3. Déterminer graphiquement la demi-vie du bismuth 214.

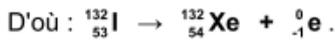
Correction Exercice 6

Appliquer les lois de conservation de la charge électrique et du nombre de nucléons. Il est recommandé de toujours vérifier ces deux lois lorsqu'on écrit l'équation d'une réaction nucléaire.

1.a) Dans cette réaction nucléaire, il y a émission d'un électron ${}^0_{-1}\text{e}$, c'est donc une radioactivité de type β^- .

Un neutron du noyau père ${}^{132}_{53}\text{I}$ se transforme en proton avec libération d'un électron. Le nombre de masse du noyau fils est identique (car le nombre de nucléons est inchangé), mais le numéro atomique Z (qui représente le nombre de protons) augmente d'une unité : de $Z_{\text{père}} = 53$, il passe à $Z_{\text{fils}} = 54$.

D'après le tableau périodique des éléments, l'élément dont $Z = 54$ correspond au xénon Xe.

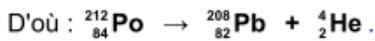


b) L'émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ correspond à la radioactivité α .

Comme le noyau d'hélium contient 2 protons ($Z = 2$) et 2 neutrons ($N = A - Z = 4 - 2 = 2$), le noyau père perd 4 nucléons, son nombre de masse A diminue de 4 unités : de $A_{\text{père}} = 212$, il passe à $A_{\text{fils}} = 208$.

De même, comme il y a perte de 2 protons, son numéro atomique Z diminue de 2 unités ; de $Z_{\text{père}} = 84$, il passe à $Z_{\text{fils}} = 82$.

D'après le tableau périodique, l'élément dont $Z = 82$ correspond au plomb Pb.



c) L'émission γ est provoquée par la désexcitation d'un noyau excité, sans changement de la composition du noyau.

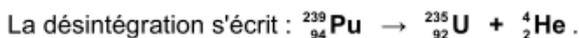


2.a) La radioactivité α correspond à l'émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$. Son équation est du type : ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$.

D'après le tableau périodique des éléments, le symbole du plutonium est Pu et son numéro atomique Z est 94.

En appliquant les lois de conservation de la charge et du nombre de nucléons, on détermine le nombre de masse et le numéro atomique du noyau fils : ${}^{239-4}_{94-2}\text{Y} = {}^{235}_{92}\text{Y}$.

D'après le tableau périodique, le noyau fils, de numéro atomique $Z = 92$, correspond à un isotope de l'élément uranium U.

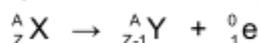


b) La radioactivité β^- correspond à l'émission d'un électron ${}^0_{-1}\text{e}$. Son équation est du type :



(Ca est le symbole de l'élément calcium).

c) La radioactivité β^+ correspond à l'émission d'un positon ${}^0_1\text{e}$. Son équation est du type :



(Ar est le symbole de l'élément argon).

d) L'émission γ de l'atome d'iode 123 est provoquée par la désexcitation de son noyau excité, n'entraînant aucun changement de sa composition.



Correction Exercice 8

1. Pour construire le diagramme (N,Z) de la famille du thorium, il est nécessaire de connaître en plus du nombre de masse A, le numéro atomique Z de chaque élément mis en jeu dans cette famille.

D'après le tableau périodique des éléments, les numéros atomiques Z sont les suivants :

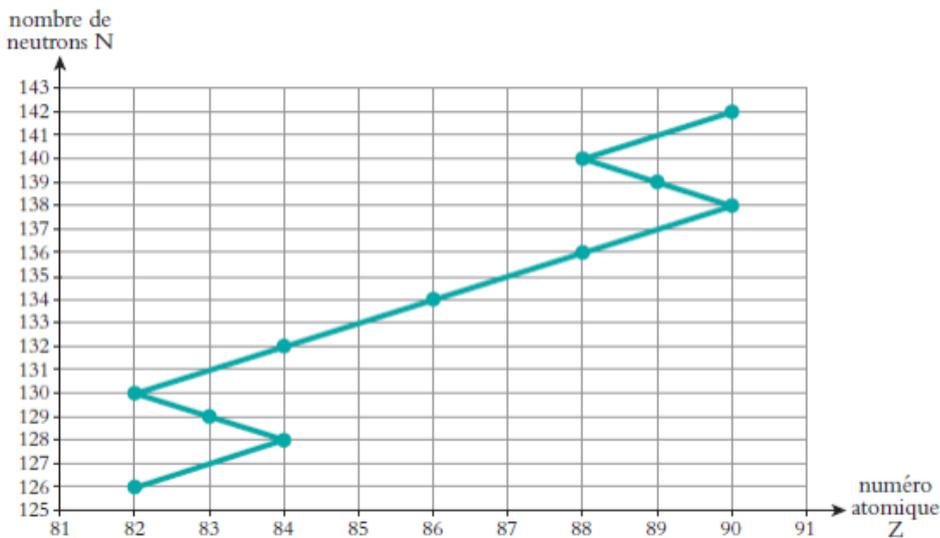
Élément	Thorium	Radium	Actinium	Radon	Polonium	Plomb	Bismuth
Symbole	Th	Ra	Ac	Rn	Po	Pb	Bi
Z	90	88	89	86	84	82	83

Le nombre de neutrons N de chaque noyau est déterminé par : $N = A - Z$.

Dans l'ordre d'apparition des différents atomes au cours des désintégrations successives, on obtient le tableau suivant :

Atome A Z X	²³² ₉₀ Th	²²⁸ ₈₈ Ra	²²⁸ ₈₉ Ac	²²⁸ ₉₀ Th	²²⁴ ₈₈ Ra	²²⁰ ₈₆ Rn	²¹⁶ ₈₄ Po	²¹² ₈₂ Pb	²¹² ₈₃ Bi	²¹² ₈₄ Po	²⁰⁸ ₈₂ Pb
Z	90	88	89	90	88	86	84	82	83	84	82
N	142	140	139	138	136	134	132	130	129	128	126

D'où le diagramme (N,Z) de la famille du thorium :



2. On rappelle les équations des trois types de désintégration.

- Désintégration α : ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He}$.
- Désintégration β^- : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$.
- Désintégration β^+ : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_1 e$.

En appliquant les lois de conservation du nombre de nucléons et de la charge électrique, on en déduit le type de radioactivité pour passer d'un noyau à un autre dans la famille du thorium :

- de ²³²₉₀Th à ²²⁸₈₈Ra : A diminue de 4 unités et Z aussi diminue de 2 unités ; c'est une désintégration de type α ;
- de ²²⁸₈₈Ra à ²²⁸₈₉Ac, puis de ²²⁸₈₉Ac à ²²⁸₉₀Th : A est inchangé mais Z augmente de 1 unité ; ce sont deux désintégrations de type β^- ;
- de ²²⁸₉₀Th à ²²⁴₈₈Ra, puis de ²²⁴₈₈Ra à ²²⁰₈₆Rn, de ²²⁰₈₆Rn à ²¹⁶₈₄Po de ²¹⁶₈₄Po à ²¹²₈₂Pb : à chaque fois, A diminue de 4 unités et Z de 2 ; ce sont quatre désintégrations successives de type α ;
- de ²¹²₈₂Pb à ²¹²₈₃Bi et de ²¹²₈₃Bi à ²¹²₈₄Po : A est inchangé mais Z augmente de 1 unité ; ce sont encore deux désintégrations de type β^- ;
- de ²¹²₈₄Po à ²⁰⁸₈₂Pb : c'est une désintégration de type α car A diminue de 4 unités et Z de 2 unités.

Correction Exercice 9

Ne pas confondre N le nombre de neutrons d'un noyau et $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs non désintégrés au cours du temps.

1. Le nombre $N(t)$ de noyaux d'iode 128 non désintégrés à des instants $t = n \times t_{1/2}$ est :

$$N(t) = \frac{N_0}{2^n} \text{ avec } N_0 \text{ le nombre de noyaux à } t = 0 \text{ et } n \text{ un entier positif ou nul.}$$

Ainsi, le pourcentage de noyaux restants au bout de $n \times t_{1/2}$ est alors :

$$\frac{N(t)}{N_0} = \frac{N_0/2^n}{N_0} = \frac{1}{2^n} = 2^{-n}.$$

a) 50 min représente deux fois la demi-vie de l'iode 128 ($50 \text{ min} = 2 \times t_{1/2}$), donc $n = 2$.
Le pourcentage de noyaux restants est alors égal à : $2^{-2} = 0,25$ soit **25 %**.

b) 75 min représente trois fois la demi-vie ($75 \text{ min} = 3 \times t_{1/2}$), donc $n = 3$.
Le pourcentage de noyaux restants est alors égal à : $2^{-3} = 0,125$ soit **12,5 %**.

2. Comme à $t = 50 \text{ min}$ il reste 25 % du nombre initial de noyaux d'iode 128, cela implique que 75 % s'est désintégré.

De même, comme à $t = 75 \text{ min}$ il en reste 12,5 %, donc 87,5 % des noyaux initiaux se sont désintégrés.

Correction Exercice 10

1. Le nombre moyen $N(t)$ de noyaux radioactifs non désintégrés de technétium 99m à des instants $t = n \times t_{1/2}$ suit la loi de décroissance :

$$N(t) = \frac{N_0}{2^n} \text{ avec } N_0 \text{ le nombre de noyaux à } t = 0 \text{ et } n \text{ un entier positif ou nul.}$$

t	0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$...	$nt_{1/2}$
N(t)	N_0	$\frac{N_0}{2}$	$\frac{N_0}{4}$	$\frac{N_0}{8}$...	$\frac{N_0}{2^n}$

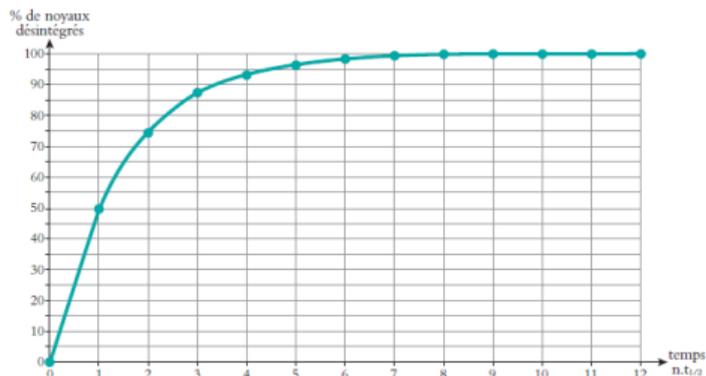
2. Le pourcentage de noyaux restants au bout de $n \times t_{1/2}$ par rapport au nombre initial N_0 de noyaux est donné par :

$$\frac{N(t)}{N_0} = \frac{N_0/2^n}{N_0} = \frac{1}{2^n} = 2^{-n}$$

Au bout de $2t_{1/2}$, il reste un quart du nombre initial de noyaux, soit 25 % ($n = 2$ et $2^{-2} = 0,25$).
75 % des noyaux se sont donc désintégrés.

3. Le pourcentage $P(t)$ de noyaux désintégrés à des instants $t = n \times t_{1/2}$ est donné par : $1 - 2^{-n}$.
D'où le tableau et le graphique suivant :

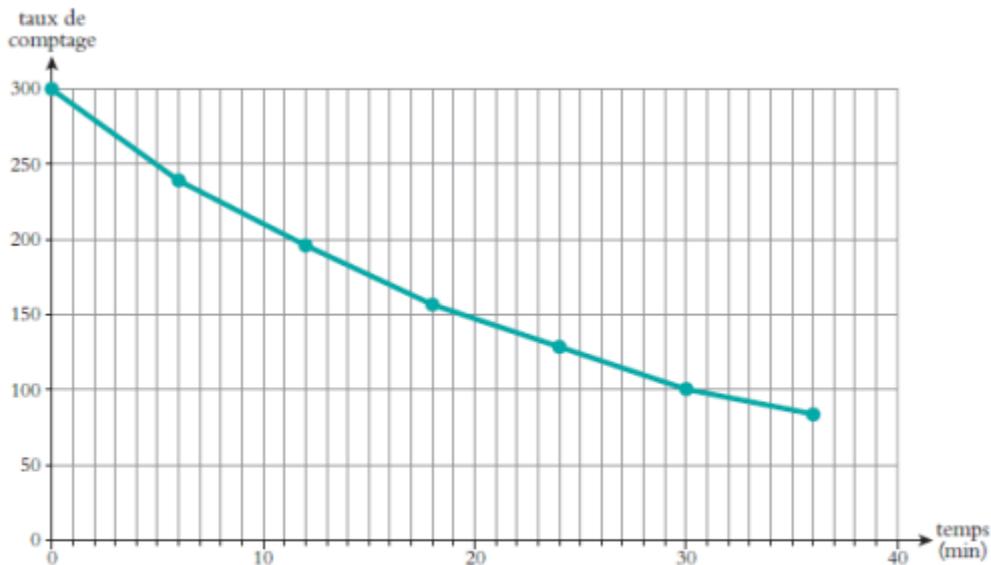
t	0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$	$4t_{1/2}$	$5t_{1/2}$	$6t_{1/2}$	$7t_{1/2}$	$8t_{1/2}$	$9t_{1/2}$	$10t_{1/2}$
P(t)	0	0,5 ou 50 %	0,75 ou 75 %	0,86 ou 86 %	0,94 ou 94 %	0,97 ou 97 %	0,98 ou 98 %	0,992 ou 99,2 %	0,996 ou 99,6 %	0,998 ou 99,8 %	0,999 ou 99,9 %



Correction Exercice 11

1. Le taux de comptage est le nombre d'impulsions détectées par seconde par le détecteur. Il correspond au nombre de désintégrations détectées par unité de temps, donc à l'activité de l'échantillon radioactif.

2. Graphe du taux de comptage en fonction du temps



3. Au bout d'une durée égale à la demi-vie, la moitié des noyaux initiaux se sont désintégrés. Il y a deux fois moins de désintégrations détectées par unité de temps. Le taux de comptage est ainsi divisé par deux.

Graphiquement, au taux de comptage égal à 150 coups par seconde ($= \frac{300}{2}$), correspond le temps de demi-vie du bismuth 214, soit 20 minutes (on peut vérifier sur de nombreux sites Internet l'exactitude de ce nombre).