

## Exercices







### CHAPITRE

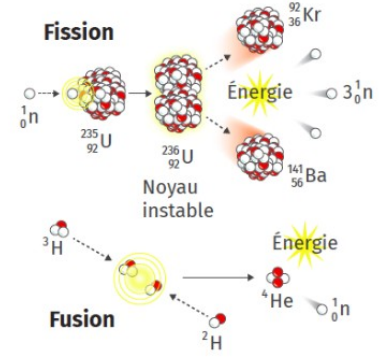
# 10

# Modélisation des transformations nucléaires

## Transformations nucléaires

Les transformations nucléaires mettent en jeu les noyaux des atomes. Les noyaux qui réagissent se transforment en d'autres noyaux avec un dégagement d'énergie.

|           | Noyau avant transformation  | Noyau après transformation  | Particule émise            |             | Variation<br>$A$<br>$Z$<br>$N$ |
|-----------|---|---|----------------------------|-------------|--------------------------------|
| $\alpha$  |  |  | $+ \text{}^4_2\text{He}$   | (+ Énergie) | -4<br>-2<br>-2                 |
| $\beta^-$ |  |  | $+ \text{}^0_{-1}\text{e}$ | (+ Énergie) | 0<br>+1<br>-1                  |
| $\beta^+$ |  |  | $+ \text{}^0_1\text{e}$    | (+ Énergie) | 0<br>-1<br>+1                  |



### 1. Isotopie

- Les isotopes d'un élément chimique ont :  
**B.** un nombre de protons identique.
- Lors d'une transformation nucléaire, un noyau se transforme spontanément :  
**B.** en un autre noyau.
- La notation symbolique d'un positon est :  
**C.**  $^0_1\text{e}$ .
- Supplément numérique** Deux atomes isotopes ont un nombre d'électrons :  
**B.** forcément identiques.

### 2. Transformations nucléaires

- Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation :  
**B.** du nombre de charge et du nombre de masse.
- Lors d'une réaction de fusion :  
**C.** deux noyaux légers donnent un noyau plus lourd.
- Lors d'une réaction de fission :  
**C.** un noyau lourd donne deux noyaux plus légers.

### 3. Conversion d'énergie

- Lors d'une réaction nucléaire :  
**B.** de l'énergie contenue dans les noyaux est convertie.
- L'origine de l'énergie solaire provient essentiellement de :  
**B.** réactions de fusion.
- Les noyaux produits lors de la fission nucléaire sont :  
**B.** hautement dangereux.
- Supplément numérique** Les réactions de fission et de fusion sont respectivement  
**C.** exothermiques toutes les deux.

## 5. Composition des noyaux

◆ Le noyau de magnésium 24 est constitué de 12 protons, de 24 nucléons et de  $24 - 12 = 12$  neutrons. Le noyau de magnésium 25 est constitué de 12 protons, de 25 nucléons et de  $25 - 12 = 13$  neutrons.

## 6. Radioactivité $\alpha$

◆ D'après les lois de conservation, le noyau produit contient  $4 - 2 = 2$  protons et  $8 - 4 = 4$  nucléons. Le noyau produit est également un noyau d'hélium. L'équation de la transformation est :  ${}^8_4\text{Be} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + \alpha$  ou  ${}^8_4\text{Be} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$

## 7. Radioactivité $\beta^-$

◆ La particule  $\beta^-$  est un électron dont la notation symbolique est  ${}^0_{-1}\text{e}$ . D'après les lois de conservation, le noyau produit contient  $33 + 1 = 34$  protons et  $77 + 0 = 77$  nucléons. C'est donc du sélénium 77. L'équation de la transformation est :  ${}^{77}_{33}\text{As} \longrightarrow {}^{77}_{34}\text{Se} + {}^0_{-1}\text{e}$

## 8. Radioactivité $\beta^+$

◆ La particule  $\beta^+$  est un positon dont la notation symbolique est  ${}^0_1\text{e}$ . D'après les lois de conservation, le noyau produit contient  $40 - 1 = 39$  protons et  $86 + 0 = 86$  nucléons. C'est donc de l'yttrium 86. L'équation de la transformation est :  ${}^{86}_{40}\text{Zr} \longrightarrow {}^{86}_{39}\text{Y} + {}^0_1\text{e}$

## 10. Fission

◆ D'après la classification périodique des éléments, les nombres de charge de l'uranium, du tellure et du zirconium sont respectivement 92, 52 et 40. La notation symbolique du neutron est  ${}^1_0\text{n}$ . D'après les lois de conservation on a :

- pour le nombre de charge :  $92 + 0 = 52 + 40 + Z$ , d'où  $Z = 0$
- pour le nombre de masse :  $235 + 1 = 137 + 97 + A$ , d'où  $A = 2$

Deux nucléons sont produits qui ne sont pas des protons, ce sont donc des neutrons. L'équation de la transformation s'écrit :  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{137}_{52}\text{Te} + {}^{97}_{40}\text{Zr} + 2 {}^1_0\text{n}$

## 11. Utiliser les lois de conservation

1. Le nombre de charge  $Z$  et le nombre de masse  $A$  sont les deux grandeurs physiques qui se conservent lors d'une transformation nucléaire.

2. a.  $84 = Z + 2$ , d'où  $Z = 82$ , le noyau est du plomb ;  $213 = A + 4$ , d'où  $A = 209$ , le noyau est l'isotope 209 du plomb de notation symbolique :  ${}^{209}_{82}\text{Pb}$

b. Pour l'équation corrigée suivante :  ${}^{209}_{82}\text{Pb} \longrightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^0_{-1}\text{e}$   $82 = Z + (-1)$ , d'où  $Z = 83$ , le noyau est du bismuth ;  $209 = A + 0$ , d'où  $A = 209$ , le noyau est l'isotope 209 du bismuth de notation symbolique :  ${}^{209}_{83}\text{Bi}$

c.  $0 + 94 = 38 + Z + 3 \times 0$ , d'où  $Z = 56$ , le noyau est du baryum ;  $1 + 239 = 94 + A + 3 \times 1$ , d'où  $A = 143$ , le noyau est l'isotope 143 du baryum de notation symbolique :  ${}^{143}_{56}\text{Ba}$

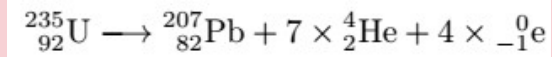
## 17. Datation

Objectif : Identifier un isotope produit par une chaîne de désintégrations successives en utilisant les lois de conservation et sans écrire l'ensemble des équations des transformations nucléaires.

◆ À chaque désintégration alpha, la valeur de  $Z$  diminue de 2 et la valeur de  $A$  diminue de 4. À chaque désintégration  $\beta^-$ ,  $Z$  augmente de 1 et la valeur de  $A$  reste constante.

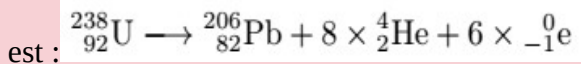
Ainsi, pour l'ensemble des désintégrations successives concernant l'uranium 235 :

$Z = 92 - 2 \times 7 + 1 \times 4 = 82$  et  $A = 235 - 4 \times 7 + 0 \times 4 = 207$ . L'isotope est donc du plomb 207 dont la notation symbolique est :  $^{207}_{82}\text{Pb}$ . L'équation de la chaîne de transformations radioactives est :



Concernant l'uranium 238,  $Z = 92 - 2 \times 8 + 1 \times 6 = 82$  et  $A = 238 - 4 \times 8 + 0 \times 6 = 206$ . L'isotope est donc du

plomb 206 dont la notation symbolique est :  $^{206}_{82}\text{Pb}$ . L'équation de la chaîne de transformations radioactives



## 22. Radioactivité naturelle

1. Le nombre de charge du potassium est  $Z = 19$ . Lors d'une désintégration  $\beta^-$ , un électron est émis dont la notation symbolique est  ${}^0_{-1}\text{e}$ . Lors d'une désintégration  $\beta^+$ , un positon est émis dont la notation symbolique est  ${}^0_{+1}\text{e}$ . D'après les lois de conservation, on trouve :

- pour la première :  $Z + (-1) = 19$  d'où  $Z = 20$  et  $A + 0 = 40$ , d'où  $A = 40$ . Le noyau est l'isotope 40 du calcium ;
- pour la seconde :  $Z + 1 = 19$ , d'où  $Z = 18$  et  $A + 0 = 40$ , d'où  $A = 40$ . Le noyau est l'isotope 40 de l'argon.

2. D'après la définition du Becquerel, l'activité du corps humain est d'environ 8 000 Bq.

3. D'après les proportions, sur 8 000 désintégrations, la moitié sont dues au potassium 40, c'est à dire 4 000 désintégrations. Donc,  $4\,000 \times 0,90 = 3\,600$  sont de type  $\beta^-$  et  $4\,000 \times 0,10 = 400$  sont de type  $\beta^+$ . Pour un humain, l'énergie totale dégagée chaque seconde par les désintégrations est :

$$E_{\text{Totale}} = E_{\beta^-} + E_{\beta^+} = 3600 \times 2,1 \times 10^{-13} + 400 \times 2,4 \times 10^{-13} = 8,5 \times 10^{-10} \text{ J}$$

4. On calcule le rapport de l'énergie de la dose maximale acceptable par l'énergie due aux désintégrations

du potassium 40 : 
$$r = \frac{0,7}{8,5 \times 10^{-10}} = 8 \times 10^8$$
 soit près de 1 milliard de fois plus faible.