

# Série 3 : Noyaux, masse et énergie



## EXERCICE 1 : Stabilité des noyaux - Réaction de fission.

### Données :

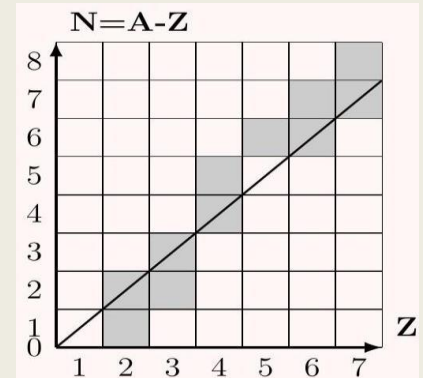
- Masse des particules :  $m(\alpha) = 4,001506u$ ;
- $m({}_{5}^{10}\text{B}) = 10,012938u$ ;  $m({}_{3}^{\text{A}}\text{Li}) = 7,016005u$ ;
- Énergie de liaison de la particule  $\alpha$ :  $E_{\ell} = 28,295244\text{MeV}$ ;  $1u = 931,5\text{MeV} \cdot c^{-2}$ ;
- Masse du neutron :  $m_n = 1,008665u$ ; Masse du proton :  $m_p = 1,007276u$ .

### 1. Diagramme de Segré :

La figure 1 ci-contre représente le diagramme de Segré (Z, N) dont lequel les noyaux stables correspondent aux cases grisées dans le diagramme.

Donner le nombre d'affirmations justes :

- La non-stabilité d'un noyau peut être due au grand nombre de nucléons qu'il contient.
- La stabilité d'un noyau peut être due au grand nombre de neutrons par rapport au nombre de protons qu'il contient.
- Les isotopes d'un même élément  ${}^{\text{A}}_{\text{Z}}\text{X}$  se trouvent sur la même ligne dans le diagramme de Segré (Z, N).
- Les noyaux  ${}_{5}^{10}\text{B}$ ,  ${}_{6}^{14}\text{C}$ ,  ${}_{5}^{12}\text{B}$  sont radioactifs  $\alpha$ .
- Le noyau  ${}_{5}^{10}\text{B}$  est stable.



### 2. Fission nucléaire :

- Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant au bombardement d'un noyau de bore  ${}_{5}^{10}\text{B}$  par un neutron pour former une particule  $\alpha$  et un noyau de lithium  ${}_{\text{Z}}^{\text{A}}\text{Li}$  en déterminant A et Z.
- Comparer la stabilité de la particule  $\alpha$  avec celle du  ${}_{\text{Z}}^{\text{A}}\text{Li}$ .
- Calculer, en unité MeV, l'énergie  $|\Delta E|$  libérée par la fission d'un noyau de bore 10.

## EXERCICE 2 : Fission de l'uranium

L'uranium naturel est composé essentiellement de l'isotope 238 et d'autres isotopes, parmi lesquels l'uranium 235 qui est un noyau fissile et qui n'existe qu'en très faible pourcentage.

Afin de l'utiliser comme combustible, on procède à l'activation de l'uranium naturel en vue d'augmenter la proportion de l'isotope 235.

### Données :

- Masse des noyaux :  $m({}_{92}^{235}\text{U}) = 234,9935u$ ;  $m({}_{58}^{146}\text{Ce}) = 145,8782u$ ;  $m({}_{34}^{85}\text{Se}) = 84,9033u$ ;
- Masse du neutron  $m_n = 1,0087u$ ;
- $1u = 931,5\text{MeV} \cdot c^{-2} = 1,6605 \times 10^{-27}\text{Kg}$ ;  $1\text{MeV} = 1,6022 \times 10^{-13}\text{J}$ .

La production de l'énergie dans les réacteurs nucléaires est basée sur la fission de l'uranium 235.

Lorsqu'un neutron heurte un noyau d'uranium 235, l'une des fissions possibles conduit à la formation d'un noyau de césium  ${}^{146}\text{Ce}$ , d'un noyau de sélénium  ${}^{85}\text{Se}$  et des neutrons.

- Ecrire l'équation modélisant cette réaction nucléaire.
- Calculer en unité (J) l'énergie  $|\Delta E|$  produite lors de la fission d'un noyau d'uranium 235.
- Un réacteur nucléaire utilise l'uranium 235 activé à 5% (parmi 100 noyaux de l'uranium 235 il y'en a 5 qui sont activés). Déterminer, en unité joule (J), l'énergie produite par 1 kg d'uranium activé à 5%.
- Une centrale nucléaire fournit une puissance électrique est  $p = 1450\text{MW}$ . Le rendement de la transformation de l'énergie calorifique en énergie électrique est 34%. Déterminer la masse d'uranium 235 activé à 5% utilisée par ce réacteur en un an (1 an = 365,25 jours).

### EXERCICE 3 :

1- Trouver l'expression de l'énergie libérée  $\Gamma_n$  à instant  $t$  au cours d'une désintégration d'un l'échantillon de  $^{235}_{92}\text{U}$  de masse  $m_0$  en fonction de  $\lambda$  la constante de radioactivité,  $m_0$ ,  $E$ ,  $t$ ,  $N_A$  et la masse molaire  $M(^{235}_{92}\text{U})$

$E$ : énergie libérée par un noyau de  $^{235}_{92}\text{U}$  au cours d'une désintégration

2- Monter que à l'instant  $t = n \cdot t_{1/2}$  de l'énergie libérée  $\Gamma_n$  est exprimée par :

$$\Gamma_n \left( n t_{\frac{1}{2}} \right) = \frac{m_0 N_A}{M} \left( 1 - \frac{1}{2^n} \right) \cdot E$$

### EXERCICE 4 : Fission de l'uranium

L'uranium naturel est composé essentiellement de l'isotope 238 et d'autres isotopes, parmi lesquels l'uranium 235 qui est un noyau fissile et qui n'existe qu'en très faible pourcentage.

Afin de l'utiliser comme combustible, on procède à l'activation de l'uranium naturel en vue d'augmenter la proportion de l'isotope 235.

**Données :**

- Masse des noyaux :  $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,9935\text{u}$ ;  $m(^{146}_{58}\text{Ce}) = 145,8782\text{u}$ ;  $m(^{85}_{34}\text{Se}) = 84,9033\text{u}$ ;
- Masse du neutron  $m_n = 1,0087\text{u}$ ;
- $-1\text{u} = 931,5\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2} = 1,6605 \times 10^{-27}\text{Kg}$ ;  $1\text{MeV} = 1,6022 \times 10^{-13}\text{J}$ .

La production de l'énergie dans les réacteurs nucléaires est basée sur la fission de l'uranium 235.

Lorsqu'un neutron heurte un noyau d'uranium 235, l'une des fissions possibles conduit à la formation d'un noyau de césium  $^{146}\text{Ce}$ , d'un noyau de sélénium  $^{85}\text{Se}$  et des neutrons.

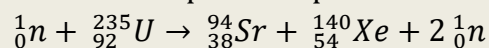
5. Ecrire l'équation modélisant cette réaction nucléaire.
6. Calculer en unité (J) l'énergie  $|\Delta E|$  produite lors de la fission d'un noyau d'uranium 235.
7. Un réacteur nucléaire utilise l'uranium 235 activé à 5% (parmi 100 noyaux de l'uranium 235 il y'en a 5 qui sont activés). Déterminer, en unité joule (J), l'énergie produite par 1 kg d'uranium activé à 5%.
8. Une centrale nucléaire fournit une puissance électrique est  $p = 1450\text{MW}$ . Le rendement de la transformation de l'énergie calorifique en énergie électrique est 34%. Déterminer la masse d'uranium 235 activé à 5% utilisée par ce réacteur en un an (1 an = 365,25 jours).

### EXERCICE 5 :

La réaction d'une centrale nucléaire fonctionne à l'aide de l'uranium enrichi constitué d'un mélange de  $P = 3\%$  de l'uranium  $^{235}\text{U}$  fissile et de  $P' = 97\%$  de l'uranium  $^{238}\text{U}$  non fissile.

$P$  et  $P'$  sont des pourcentages massiques.

L'énergie thermonucléaire dans ce réacteur est produite par la réaction suivante :



Donnés :  $m(^{140}\text{Xe}) = 139,8920\text{u}$ ;  $m(^{94}\text{Sr}) = 93,8945\text{u}$ ;  $m(^{235}\text{U}) = 234,9935\text{u}$

$m(n) = 1,0087\text{u}$ ;  $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$ ;  $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg} = 931,5\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$ .

Avec un rendement  $r = 25\%$ , cette centrale fournit une puissance électrique moyenne  $P_s = 295\text{MW}$ .

1- Calculer en MeV et en Joule, l'énergie nucléaire  $|\Delta E_0|$  libérée par la fission de  $m_0 = 1\text{g}$  de  $^{235}\text{U}$ .

2- Montrer que la masse  $m$  d'uranium enrichi, consommée par le réacteur pendant une durée  $\Delta t = 24\text{h}$  peut s'écrire :

$$m = \frac{m_0 P_e \cdot \Delta t}{r \cdot P \cdot |\Delta E_0|} \quad \text{Calculer } m.$$