

## - Énoncé -

Dans une centrale nucléaire, les noyaux d'uranium ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) subissent la fission sous le choc d'un neutron lent. Un des nombreux processus possibles conduit à la formation d'un noyau de lanthane ( ${}_{57}^{144}\text{La}$ ), d'un noyau de brome ( ${}_{35}^{88}\text{Br}$ ) et de plusieurs neutrons.

1. a) Définissez l'énergie de liaison d'un noyau.  
b) Donnez l'expression littérale qui permettra son calcul.
2. a) Calculez, en MeV, l'énergie de liaison d'un noyau ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ).  
b) Calculez l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
3. Ecrivez l'équation de la réaction de fission étudiée.
4. a) Exprimez l'énergie libérée par la fission d'un noyau ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) en fonction des énergies de liaison par nucléon du noyau père et des noyaux fils.  
b) Calculez la valeur de cette énergie en MeV.
5. Dans le cœur de la centrale, de nombreuses autres réactions de fission du noyau ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ) se produisent. La perte de masse est, en moyenne, de 0,200 u par noyau.
  - a) Calculez, en MeV, l'énergie moyenne libérée par la fission d'un noyau. Ce résultat est-il en concordance avec celui de la question 4 ?
  - b) Calculez, en joule, l'énergie moyenne libérée par une mole de noyaux ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ).
6. Dans une centrale nucléaire, l'énergie nucléaire est transformée en énergie électrique. Une centrale fournit une puissance électrique moyenne  $P_e = 1000$  MW avec un rendement  $r = 25\%$ .
  - a) Quelle est sa puissance nucléaire  $P_n$  consommée ?
  - b) Quelle est, en joule, l'énergie nucléaire consommée chaque année ?
  - c) Quelle est, en tonne, la masse d'uranium 235 consommée annuellement ?

*Données :*

- Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $1 \text{ u} = 1,66055 \times 10^{-27} \text{ kg}$  et  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Masse d'un proton :  $m({}_1^1\text{p}) = 1,0073 \text{ u}$
- Masse d'un neutron :  $m({}_0^1\text{n}) = 1,0087 \text{ u}$
- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Masse du noyau d'uranium 235 :  $m({}_{92}^{235}\text{U}) = 235,0134 \text{ u}$
- Energies de liaison par nucléon :
  - $E_l/A({}_{57}^{144}\text{La}) = 8,28 \text{ MeV/nucléon}$
  - $E_l/A({}_{35}^{88}\text{Br}) = 8,56 \text{ MeV/nucléon}$

## - Corrigé -

1. a) L'énergie de liaison d'un noyau  ${}^A_ZX$  est l'énergie qu'il faut lui fournir, lorsqu'il est au repos, pour le dissocier en ses nucléons au repos, à l'infini (c'est-à-dire sans interaction entre eux).

b) Son expression littérale est :

$$E_{\text{liaison}} = [Z.m(p) + (A-Z).m(n) - m({}^A_ZX)].c^2$$

2. a) L'énergie de liaison du noyau  ${}^{235}_{92}\text{U}$  est :

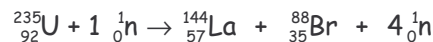
$$E_{\text{liaison}} = [(92 \times 1,0073) + (143 \times 1,0087) - 235,0134] \times 1,66055 \cdot 10^{-27} \times (2,998 \cdot 10^8)^2 / 1,602 \cdot 10^{-13}$$

$$\text{soit } E_{\text{liaison}} = 1772 \text{ MeV}$$

b) Son énergie de liaison par nucléon est :  $E_0 = E_{\text{liaison}} / A$

$$\text{soit } E_0 = \frac{1772}{235} = 7,540 \text{ MeV/nucléon}$$

3) Equation de la réaction de fission :



4) a) La séparation d'un noyau d'uranium en nucléons consomme de l'énergie (1772 MeV, cf 2). La formation des noyaux fils à partir de ces mêmes nucléons libère de l'énergie. La différence est l'énergie Q libérée par la fission d'un noyau d'uranium. Soient  $E_1$  et  $E_2$ , respectivement, les énergies de liaison par nucléon des noyaux de lanthane et de brome :

$$Q = (144.E_1) + (88.E_2) - (235.E_0)$$

b) Application numérique :

$$Q = (144 \times 8,28) + (88 \times 8,56) - (235 \times 7,540) = 174 \text{ MeV}$$

5 a) La perte de masse est, en moyenne, de 0,200 u par noyau.

L'énergie libérée par un noyau est :

$$Q' = 0,200 \times 1,66055 \cdot 10^{-27} \times (2,998 \cdot 10^8)^2 / 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ soit : } Q' = 186 \text{ MeV}$$

Ce résultat est proche du résultat de la question 4, qui est un cas parmi d'autres des fissions possibles du noyau d'uranium.

b) L'énergie libérée par une mole de noyaux  ${}^{235}_{92}\text{U}$  est :  $E_{\text{mole}} = Q' \cdot N_A$

$$\text{soit : } E_{\text{mole}} = 186 \cdot 10^6 \times 1,602 \cdot 10^{-19} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,80 \times 10^{13} \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

6. a) Si une centrale nucléaire fournit une puissance électrique moyenne  $P_e = 1000 \text{ MW}$  avec un rendement  $r = P_e / P_n$ , sa puissance nucléaire est  $P_n = P_e / r$

$$\text{soit : } P_n = 1000 \times 4 = 4000 \text{ MW}$$

b) L'énergie nucléaire consommée chaque année est :

$$E_{\text{an}} = P_n \cdot \Delta t \text{ avec } \Delta t = 1 \text{ an} = (365 \times 86400) \text{ s}$$

$$\text{soit : } E_{\text{an}} = 4000 \cdot 10^6 \times 365 \times 86400 = 1,26 \times 10^{17} \text{ J}$$

c) La quantité n d'uranium consommée chaque année s'exprime par :  $n = \frac{E_{\text{an}}}{E_{\text{mol}}}$

$$\text{et donc la masse d'uranium consommée annuellement est : } m = \frac{E_{\text{an}}}{E_{\text{mol}}} \cdot m({}^{235}\text{U}) \cdot N_A$$

$$m = (1,26 \times 10^{17} / 1,80 \times 10^{13}) \times 235,0134 \times 1,66055 \times 10^{-27} \times 6,02 \times 10^{23}$$

$$\text{soit : } m = 1,65 \times 10^3 \text{ kg ou } 1,65 \text{ t}$$