

# Série 1 : Noyaux, masse et énergie



## EXERCICE 1 :

1-Repond par **vrai** au **faux** :

- Tous les noyaux radioactifs sont instables.
- Une réaction nucléaire conserve le nombre total de nucléons.
- En radioactivité,  $\gamma$  (gamma) désigne un neutron.
- La constante de temps d'un noyau radioactif est la durée que met un échantillon de noyaux radioactifs pour que la moitié de ses noyaux initialement présents se soient désintégrés.
- Plus un noyau est stable plus son énergie de liaison par nucléon est petite.
- La désintégration  $\beta^+$  se produit lorsqu'un neutron se transforme en proton.
- La période radioactive d'un noyau est définie comme  $T = \ln(2) / \lambda$ .
- La fusion nucléaire est généralement une réaction endothermique
- La masse d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses de ses nucléons
- La période radioactive dépend de la quantité initiale de l'échantillon.
- Le rayonnement  $\gamma$  modifie le nombre de protons dans le noyau.
- La radioactivité peut être influencée par des variations de pression ou de température.
- Les particules  $\alpha$  sont arrêtées par une simple feuille de papier.
- L'énergie de liaison par nucléon est un indicateur de la stabilité d'un noyau.
- Les noyaux très lourds se stabilisent en perdant des protons par radioactivité.
- La constante radioactive a la dimension du temps.
- L'activité d'un échantillon s'exprime en seconde.
- Pour les noyaux lourds et selon la courbe d'Aston, plus un noyau est lourd, moins il est stable.
- Le défaut de masse s'exprime en MeV
- Les isotopes d'un même élément ont des énergies de liaison différentes
- Lors d'une fusion nucléaire, la masse totale des réactifs est égale à celle des produits
- Le rendement énergétique de la fission nucléaire surpasse celui de la fusion nucléaire

## EXERCICE 2 :

Le nucléide d'Uranium  $^{238}_{92}\text{U}$  se transforme en polonium  $^{206}_{84}\text{Po}$  au cours d'une chaîne de désintégration spontanées du type  $\alpha$  et  $\beta^-$  selon l'équation suivante :  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{84}\text{Po} + x.\alpha + y.\beta^-$

1. Reconnaître les particules  $\alpha$  et  $\beta^-$  et déterminer les coefficients  $x$  et  $y$

Au cours de cette chaîne de désintégrations, le noyau de polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  se désintègre en un noyau du plomb  $^{206}_{82}\text{Pb}$

2. Ecrire l'équation de cette transformation et préciser le type de désintégration et la nature de la particule émise.

3. Calculer en **MeV** et en **J** l'énergie libérée au cours de cette transformation nucléaire

4. Représenter le bilan énergétique de cette transformation en utilisant le diagramme énergétique

Soit  $N_0$  le nombre de noyaux de polonium radioactif à l'instant  $t_0=0$ , et  $N$  le nombre de particules restantes à l'instant  $t$ . Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus pour cette transformation nucléaire à des dates bien précises :

| t (jours)        | 0 | 40   | 80   | 120  | 160  | 200  | 240  |
|------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| N/N <sub>0</sub> | 1 | 0,82 | 0,67 | 0,55 | 0,45 | 0,37 | 0,30 |

5. Tracer la courbe  $-\ln(N/N_0) = f(t)$  et utilisant l'échelle 1cm pour 20 jours et 1cm pour 0,1 sur l'axe des ordonnées.

6. Déterminer graphiquement la constante radioactive  $\lambda$  et en déduire la demi-vie  $t_{1/2}$  du polonium 210.

7. On considère un échantillon contenant des noyaux de polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  de masse  $m_0 = 10\text{g}$  à l'instant  $t = 0$ , calculer la masse des noyaux restants à l'instant  $t = 45$  jours.

**Données :**  $m(^{206}_{82}\text{Pb}) = 206,0385\text{ u}$  ;  $m(^{210}_{84}\text{Po}) = 210,0482\text{ u}$  ;  $m(^4_2\text{He}) = 4,00150\text{ u}$

### EXERCICE 3 :

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

1- Définissez l'énergie de liaison d'un noyau.

2- Donnez son expression littérale son calcul.

3- Calculez, en MeV, l'énergie de liaison d'un noyau  $^{235}_{92}\text{U}$

4- Calculez l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.

5- Ecrivez l'équation de la réaction de fission étudiée.

6- Exprimez l'énergie libérée par la fission d'un noyau  $^{235}_{92}\text{U}$  en fonction des énergies de liaison par nucléon du noyau père et des noyaux fils et calculez la valeur de cette énergie en MeV.

7- Dans le cœur de la centrale, de nombreuses autres réactions de fission du noyau  $^{235}_{92}\text{U}$  se produisent. La perte de masse est, en moyenne, de  $0,200\text{ u}$  par noyau.

7-1- Calculez, en MeV, l'énergie moyenne libérée par la fission d'un noyau.

7-2- Calculez, en joule, l'énergie moyenne libérée par une mole de noyaux  $^{235}_{92}\text{U}$

7-3- Dans une centrale nucléaire, l'énergie nucléaire est transformée en énergie électrique. Une centrale fournit une puissance électrique moyenne  $P_e = 1000\text{ MW}$  avec un rendement  $r = 25\%$ .

7-3-1- Quelle est sa puissance nucléaire  $P_n$  consommée ?

7-3-2- Quelle est, en joule, l'énergie nucléaire consommée chaque année ?

**Données :** - Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$

-  $1\mu = 1,66055 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$  et  $1\text{MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13}\text{ J}$

- Masse d'un proton :  $m_p = 1,0073\mu$  ; Masse d'un neutron :  $m_n = 1,0087\mu$

- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 2,998 \times 10^8\text{ m.s}^{-1}$

- Masse du noyau d'uranium 235 :  $m(^{235}_{92}\text{U}) = 235,0134\mu$

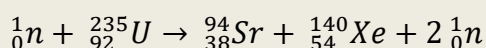
- Energies de liaison par nucléon :  $E_l/A(^{144}_{57}\text{La}) = 8,28\text{ MeV/nucléon}$  ;  $E_l/A(^{88}_{35}\text{Br}) = 8,56\text{ MeV/nucléon}$

### EXERCICE 4 :

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 :**

$$m(^{140}\text{Xe}) = 139,8920\text{u} ;$$

$$m(^{94}\text{Sr}) = 93,8945\text{u}$$

$$; m(^{235}\text{U}) = 234,9935\text{u}$$

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

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