

Des centrales nucléaires de 4^e génération : les surgénérateurs.

Document 1 : le plutonium 239, un radio-élément.

Le plutonium est un métal lourd artificiel, fabriqué par l'Homme au cours de ces soixante dernières années. N'existant pas dans la nature, il est créé lors de la capture d'un neutron par de l'uranium 238 dans des réacteurs nucléaires. Le plutonium 239 est radioactif α : il se désintègre en uranium 235 avec une demi-vie de 24 000 ans.



Une galette de plutonium

Document 2 : la surgénération du plutonium 239.

Dans un réacteur nucléaire classique, le combustible fissile est l'uranium 235. Il est cependant très rare dans la nature : présent à 0,7 % dans le minerai d'uranium, il constitue 4 % de l'uranium présent dans le réacteur. L'isotope majoritaire est l'uranium 238, qui constitue plus de 90 % de l'uranium présent dans le cœur des réacteurs. Il participe marginalement à la réaction en chaîne de fission, mais il joue néanmoins un rôle d'appoint important.

En effet, par capture d'un neutron, l'uranium 238 se transforme en uranium 239, qui se transforme rapidement par rayonnement β^- en neptunium 239 (symbole : Np). Ce neptunium se métamorphose à son tour par rayonnement β^- , au bout de 3 jours en moyenne, en un nouveau noyau : le plutonium 239. Cet élément est fissile, comme l'uranium 235. D'une certaine façon, l'uranium 238 fissionne à retardement ou par personne interposée. Il génère du combustible sous forme de noyaux fissiles : l'uranium 238 est dit fertile. C'est cette capacité qui est à la base des réacteurs nucléaires appelés surgénérateurs.

Le plutonium 239 est un meilleur combustible nucléaire que l'uranium 235 : par exemple, en capturant un neutron rapide, il se casse en un noyau de technécium 135 et en molybdène 102, et libère trois neutrons ainsi qu'une énergie supérieure à celle de la fission de l'uranium, qui est de 180 MeV.

De plus, un des neutrons secondaires étant requis pour l'entretien de la réaction en chaîne, il en reste 2 disponibles.

Si un de ces neutrons disponibles est capturé par un noyau d'uranium 238 pour se transformer à terme en plutonium 239, le réacteur produit autant de combustible qu'il en consomme. Quand plus d'un neutron produit du plutonium (au prix d'une bonne configuration du cœur du réacteur), le réacteur est dit surgénérateur.

Ainsi, un réacteur surgénérateur, non seulement libère de l'énergie par fission du plutonium 239, mais aussi régénère le plutonium 239 par transformation de l'uranium 238 présent dans le réacteur.

Document 3 : données sur les noyaux atomiques.

Masse atomique de quelques noyaux :

| Elément | Molybdène | Technécium | Plutonium | neutron | Hélium | Strontium | Xenon | Uranium |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Noyau | $^{102}_{42}\text{Mo}$ | $^{135}_{52}\text{Te}$ | $^{239}_{94}\text{Pu}$ | ^1_0n | ^4_2He | $^{94}_{38}\text{Sr}$ | $^{139}_{54}\text{Xe}$ | $^{235}_{92}\text{U}$ |
| Masse (en u) | 101,9103 | 134,9167 | 239,0530 | 1,0089 | 4,00150 | 93,8945 | 138,8892 | 234,9942 |

Données : $1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$;
 $1 \text{ u} = 1,66043 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
 $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
masse de l'électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

1. Radio-activité de l'uranium 239

- 1.1. En précisant les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de la désintégration radio-active du noyau de plutonium 239.

- 1.2. Sur une source radio-active de 1 mol de noyaux de plutonium 239, combien disparaissent en 48 000 ans ?
- 1.3. Calculer la perte de masse lors de la désintégration radio-active du plutonium 239.
- 1.4. En déduire l'énergie libérée par la désintégration radio-active du plutonium 239 en uranium 235.

2. Régénération du plutonium.

- 2.1. Ecrire la réaction nucléaire de capture d'un neutron par l'uranium 235.
- 2.2. En déduire les deux réactions nucléaires de désintégration radioactive conduisant au plutonium 239.

3. Fission de l'uranium 235.

L'équation de la réaction de fission de l'uranium 235 s'écrit :



Retrouver la valeur de l'énergie libérée donnée dans le document 2.

4. Fission du plutonium 239

- 4.1. Ecrire l'équation de fission du plutonium 239.
- 4.2. Donner l'expression de l'énergie libérée par l'action d'un neutron sur un noyau de plutonium.
- 4.3. Calculer sa valeur en MeV. En quoi le plutonium 239 est-il un meilleur « combustible » que l'uranium 235 ?