

Activité documentaire

Que se passe-t-il dans le réacteur des centrales nucléaires et au centre du Soleil et des étoiles ?

- La cuve du réacteur nucléaire est chargée de « combustible fissile » dont les réactifs sont des noyaux d'atomes d'uranium 235. Sous l'impact d'un flux de neutrons, ces noyaux sont brisés en noyaux plus petits : c'est la réaction de fission. Frappé par un neutron, un noyau d'uranium 235 (^{235}U possédant 235 nucléons) est brisé en noyaux d'autres atomes, par exemple de xénon 140 (^{140}Xe : 140 nucléons) et de strontium 94 (^{94}Sr : 94 nucléons), tandis que deux neutrons sont libérés (Fig. 1). Cette réaction dégage beaucoup d'énergie. Elle doit être contrôlée.

- Dans le projet ITER, les physiciens vont tenter de reproduire les réactions de fusion de l'hydrogène se déroulant au cœur du Soleil et des étoiles. Il existe trois types de noyaux d'hydrogène H : l'hydrogène, le deutérium et le tritium. Ils possèdent tous un proton mais des nombres de neutrons différents : ce sont des noyaux isotopes. À très haute température, des noyaux de deutérium (1 proton et 1 neutron) fusionnent avec des noyaux de tritium (1 proton et 2 neutrons) pour former des noyaux d'hélium (2 protons et 2 neutrons), en libérant un neutron et beaucoup d'énergie (Fig. 2).

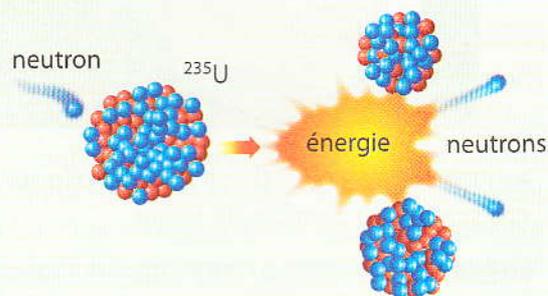


Fig. 1 Une réaction de fission de l'uranium 235

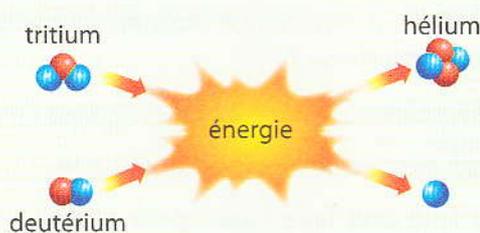


Fig. 2 La réaction de fusion deutérium-tritium

Extraits des informations

1. Comment sont modifiés les noyaux d'uranium 235 lors de la réaction de fission des noyaux ?
Lors de la fission, les noyaux d'uranium donnent naissance à des noyaux de xénon et de strontium.
2. Comment sont modifiés les noyaux de deutérium et de tritium lors de la réaction de fusion des noyaux ?
Lors de la fusion, les noyaux de deutérium et de tritium donnent naissance à des noyaux d'hélium.
3. Quelle est la caractéristique énergétique de la modification de ces noyaux ?
Ces modifications des noyaux atomiques libèrent beaucoup d'énergie.

Interprète

4. Fais le bilan du nombre de nucléons au cours de la réaction de fission.
Avant la fission : 235 nucléons de l'uranium + 1 neutron incident = 236 nucléons.
Après la fission : 140 nucléons du xénon + 94 nucléons du strontium + 2 neutrons libérés = 236 nucléons.
5. Fais le bilan du nombre de nucléons au cours de la réaction de fusion.
Avant la fusion : 2 nucléons du deutérium + 3 nucléons du tritium = 5 nucléons.
Après la fusion : 4 nucléons de l'hélium + 1 neutron libéré = 5 nucléons.
6. Comment évolue le nombre de nucléons au cours de la réaction nucléaire ?
Au cours de la réaction nucléaire, le nombre total de nucléons ne change pas.

Rédige ta conclusion

Un noyau atomique peut subir des transformations au cours des réactions de fission et de fusion. Les noyaux des atomes sont transformés en d'autres noyaux atomiques, mais le nombre total de nucléons est inchangé.

L'essentiel à compléter

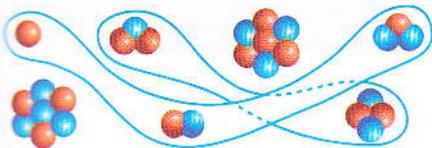
Essentiel corrigé à télécharger sur www.bordas-regaud-vento.fr

- > Les réactions de fission et de fusion transforment les **noyaux** des atomes : ce sont des **transformations nucléaires**. Le nombre total de **nucléons** est inchangé au cours de ces transformations.
- > Des **isotopes** sont des noyaux possédant le même nombre de protons, mais des nombres de neutrons différents. Ils ont donc le même numéro **atomique**.
- > Dans une réaction de **fission**, des noyaux d'atomes fissiles sont **brisés** en noyaux plus petits, sous l'action de l'impact de **neutrons**.
- > Dans une réaction de **fusion** nucléaire, des noyaux légers **s'unissent** pour former un noyau plus lourd. Ces transformations des noyaux atomiques s'accompagnent d'un **grand** dégagement d'**énergie**.

As-tu compris l'essentiel ?

1 Entoure

Les dessins ci-dessous représentent très schématiquement des noyaux atomiques. Entoure les noyaux isotopes.



● proton
● neutron

2 Fais le bon choix

Quelles sont, parmi les particules ci-dessous, celles dont le nombre se conserve toujours lors d'une transformation nucléaire ?

- les neutrons les protons
 les atomes les nucléons
 les noyaux les électrons

3 Vrai ou faux ?

Coche la réponse correcte et corrige les phrases fausses.

a. La fission d'un noyau lourd est déclenchée par une température très élevée.

- Vrai Faux

La fission est déclenchée par des neutrons.

b. Une réaction nucléaire modifie la nature chimique des atomes ou des ions.

- Vrai Faux

c. Le calcium 40 et le potassium 40 sont isotopes.

- Vrai Faux

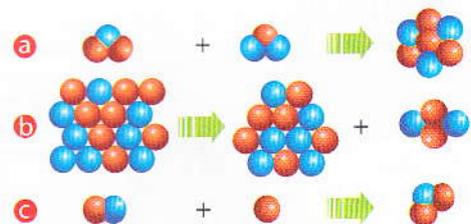
Le calcium 40 et le potassium 40 ne sont pas isotopes.

d. L'iode 127 et l'iode 123 sont isotopes.

- Vrai Faux

4 Fais le bon choix

La figure représente trois schémas de réactions nucléaires. Réponds aux questions ci-dessous.



a. Quel schéma ne représente pas une réaction de fusion nucléaire ?

- a b c

b. Quel schéma représente la fusion du deutérium avec un proton ?

- a b c

c. Quel schéma de réaction de fusion ne respecte pas la conservation du nombre de nucléons ?

- a b c

5 Chimique ou nucléaire ?

D4 Argumenter ○ I ○ F ○ S ○ TB

Karim et Wendy sont en désaccord sur la nature des transformations représentées par les schémas ci-dessous.

Symboles :  atome O  atome H  atome C
 proton  neutron



Pour Karim, il s'agit de deux réactions chimiques, mais pour Wendy, a représente une transformation chimique, et b une transformation nucléaire.

Argumente pour mettre fin à ce désaccord.

- a représente une transformation de molécules (combinaison d'atomes), avec conservation des atomes. C'est donc une transformation chimique
- b représente une transformation de noyaux (combinaison de protons et neutrons), avec conservation des nucléons. C'est donc une transformation nucléaire.
- C'est donc Wendy qui a vu juste.

6 Des noyaux durs à digérer

D4 Développer des modèles simples ○ I ○ F ○ S ○ TB

Un noyau est représenté par son symbole chimique devant lequel est précisé en bas à gauche le numéro atomique Z et en haut à gauche le nombre total de nucléons A. Par exemple, le noyau du fer 56, pour lequel Z = 26 protons, a pour symbole ${}_{26}^{56}\text{Fe}$. Un neutron est symbolisé par ${}_0^1\text{n}$.



- a. Représente les symboles des noyaux atomiques intervenant dans la réaction de fusion deutérium-tritium. Deutérium et tritium sont isotopes de l'hydrogène H, avec Z = 1 proton. Le deutérium possède 1 neutron.

soit 1 + 1 = 2 nucléons. Symbole : ${}_1^2\text{H}$.

Le tritium possède 2 neutrons, soit 1 + 2 = 3 nucléons. Symbole : ${}_1^3\text{H}$.

L'hélium He possède Z = 2 protons et 2 neutrons, soit 2 + 2 = 4 nucléons. Symbole : ${}_2^4\text{He}$.

b. En appliquant la méthode d'écriture des équations chimiques, retrouve l'équation nucléaire traduisant cette transformation des noyaux atomiques.

Les réactifs initiaux sont : ${}_1^2\text{H}$ et ${}_1^3\text{H}$

Les produits obtenus sont : ${}_2^4\text{He}$ et 1 neutron

Équation : ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$

7 Un couple rayonnant et très actif

D1 Comprendre des documents scientifiques ○ I ○ F ○ S ○ TB

En 1898, Pierre et Marie Curie découvrent un nouveau métal dans du minerai d'uranium : c'est le polonium 210. Il est radioactif, car il se désintègre spontanément en un noyau plus petit en émettant des noyaux



d'hélium 4, appelés aussi particules α , de symbole ${}_2^4\text{He}$.

L'équation de la désintégration α s'écrit :



- a. Retrouve le symbole chimique de l'élément X obtenu.

Le numéro atomique Z = 82, donc X est l'élément plomb Pb.

b. Le polonium 210 est un poison radioactif extrêmement violent présent dans le tabac. Recherche et résume un document désignant le ${}^{210}\text{Po}$ parmi d'autres poisons et polluants présents dans une cigarette.

Le tabac d'une cigarette contient des substances chimiques très toxiques, comme des cyanures, des phénols, de l'arsenic et du polonium 210.

Ce dernier a une toxicité 250 000 fois supérieure à celle des cyanures. Il est responsable d'un pourcentage non négligeable des maladies pulmonaires dont sont victimes les fumeurs.

8 La piste des éléments dans les étoiles

D2 Garder des traces des résultats obtenus OI OF OS OTB

Le cœur des étoiles est le siège de réactions nucléaires. Ces réactions produisent des noyaux atomiques de plus en plus gros, à partir de l'hydrogène initial. Ci-dessous sont données, dans le désordre, quelques équations nucléaires dans lesquelles les symboles chimiques ont été remplacés par les lettres W, X, Y et Z.

- 1 ${}^8_4X + {}^4_2W \rightarrow {}^{12}_6Y$
- 2 $4 {}^1_1H \rightarrow {}^4_2W + 2 e^+$ (positon)
- 3 ${}^{12}_6Y + {}^4_2W \rightarrow {}^{16}_8Z$
- 4 ${}^4_2W + {}^4_2W \rightarrow {}^8_4X$

a. Retrouve, à l'aide du tableau périodique, les symboles des éléments chimiques masqués par les lettres W, X, Y, Z. De quel type de réactions s'agit-il ? Justifie.

Y : Z = 6 : c'est le carbone C.

W : Z = 2 : c'est l'hélium He.

X : Z = 4 : c'est le béryllium Be.

Z : Z = 8 : c'est l'oxygène O.

Il s'agit de réactions de fusion nucléaire

car les noyaux sont assemblés.

b. Mets dans l'ordre correct ces réactions successives de synthèse des éléments chimiques dans les étoiles.

Dans l'ordre de nucléosynthèse des éléments

à partir de l'hydrogène : ② : ④ : ① : ③

9 Rutherford's discovery



D1 Comprendre des documents scientifiques OI OF OS OTB

In 1919, Ernest Rutherford carried out the first nuclear reaction induced by man.

He was able to strike a nitrogen-14 nucleus with alpha particles (helium-4 nuclei), which produced a new particle, an oxygen-17 nucleus, while a proton (hydrogen nucleus) was ejected.



a. Écris les symboles des noyaux atomiques mentionnés dans le texte.

Noyau d'azote 14 : ${}^{14}_7N$; particule α : 4_2He

Noyau d'oxygène 17 : ${}^{17}_8O$; noyau d'hydrogène : 1_1H

b. Pourquoi cette transformation peut-elle être considérée comme une transformation nucléaire ?

Elle peut être considérée comme une transformation nucléaire car de nouveaux noyaux sont créés.

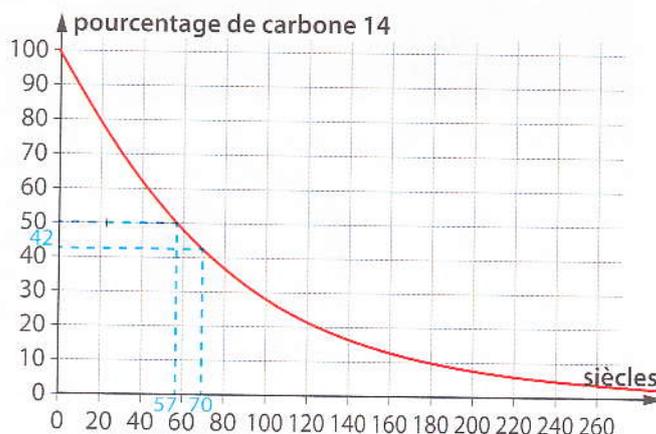
10 Le carbone 14 et l'âge de la momie

D4 Tirer des conclusions OI OF OS OTB

Les noyaux instables d'un échantillon radioactif disparaissent progressivement au cours du temps.

La demi-vie d'un élément radioactif est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de cet élément est divisé par deux. Elle est caractéristique de chaque noyau radioactif.

Le document ci-dessous illustre la décroissance radioactive du carbone 14 dans un organisme mort, ce qui permet de déterminer la date de sa mort.



a. Quelle est la demi-vie du carbone 14 ?

La demi-vie correspond à la durée au bout de laquelle il ne reste que 50 % des noyaux radioactifs initiaux, soit environ 57 siècles (environ 5 700 ans).

b. Dans une momie d'enfant découverte au Chili en 2014, a été mesuré un pourcentage restant en ${}^{14}C^*$ radioactif de 42 %. Détermine l'âge de la momie et la date de la mort de l'enfant.

Le pourcentage initial, 42 %, correspond à 70 siècles (7 000 ans), donc la mort remonte à 50 siècles avant notre ère (environ 5 000 ans).

c. Calcule le pourcentage de ${}^{14}C^*$ restant dans un échantillon au bout d'une durée égale à 7 demi-vies. Conclue.

Après une durée de 7 demi-vies (soit $7 \times 57 = 399$ siècles ou environ 40 millénaires),

la quantité initiale a été divisée par $2^7 = 128$.

Le pourcentage restant est donc $100/128 = 0,78 \%$.

Ce pourcentage résiduel en ${}^{14}C^*$ est très faible, donc difficilement mesurable.