

Activité documentaire n°1 : voyage au coeur du noyau : les isotopes :

En 2018, une très vieille épave de navire en bois a été découverte au large de la Bulgarie. Son année de construction a été estimée aux alentours de 400 av. Jésus-Christ par datation au carbone 14, qui est un des isotopes naturels de l'atome de carbone. Quels sont les isotopes ?

Doc.1 Les isotopes de l'élément hydrogène

L'élément hydrogène H est le plus abondant de l'Univers. Il possède trois isotopes. Deux isotopes sont stables* : l'hydrogène 1 et l'hydrogène 2 dont les écritures conventionnelles des noyaux sont respectivement ${}^1_1\text{H}$ et ${}^2_1\text{H}$. L'hydrogène 3, dont l'écriture conventionnelle est ${}^3_1\text{H}$, est un isotope instable*.

Hydrogène 1



Hydrogène 2



Hydrogène 3



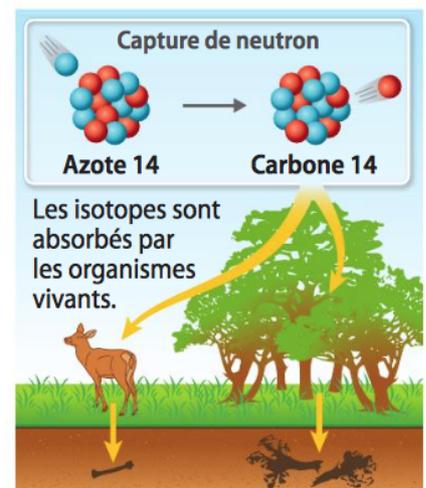
VOCABULAIRE

Isotope instable : isotope dont le noyau se transforme spontanément en se désintégrant.

Isotope stable : isotope dont le noyau ne se transforme pas spontanément en se désintégrant.

Doc.2 Datation au carbone 14

Sur Terre, le carbone est majoritairement présent sous forme de carbone 12 (~99 %) et de carbone 13 (~1 %). Il existe aussi du carbone 14 en plus faible quantité : un noyau pour mille milliards de noyaux de carbone au total. Le carbone 14 est créé par la rencontre dans la haute atmosphère d'un neutron et d'un noyau d'azote 14. Le carbone est assimilé par la matière vivante grâce aux échanges nécessaires à la vie (respiration, photosynthèse et alimentation). Quand la matière meurt, le carbone qu'elle contient n'est plus renouvelé. La quantité de carbone 12 ne varie pas tandis que celle de carbone 14 diminue car c'est un isotope instable. La mesure du rapport entre le nombre de noyaux de carbone 14 et celui de carbone 12 permet d'estimer la date à laquelle la matière est morte. Plus ce rapport est petit, plus la matière est morte il y a longtemps.

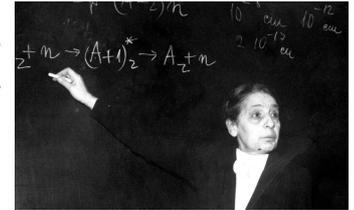


Questions :

- 1°) Indiquer les points communs et les différences entre les noyaux des isotopes de l'élément Hydrogène (Doc.1)
- 2°) a) Donner l'écriture conventionnelle des différents noyaux évoqués dans le doc.2 (azote 14, carbone 12, carbone 14 et carbone 13) (Pour l'écriture conventionnelle, revoir la séquence 1 : le noyau de l'atome et le cortège électronique de cette année)
- b) Parmi ces noyaux, indiquer ceux qui sont des isotopes d'un même élément chimique.
- 3°) La transformation de l'azote 14 en carbone 14 qui se produit dans la haute atmosphère est-elle une transformation chimique ? Justifier votre réponse
- 4°) Expliquer pourquoi il est possible de dater la construction de l'épave découverte au large de la Bulgarie.
- 5°) Donner la définition du terme « isotope » à partir des documents ci-dessus.

Activité documentaire n°2 : Lise Meitner et la découverte de la fission nucléaire :

La physicienne autrichienne naturalisée suédoise Lise Meitner est connue pour ses travaux de recherche en physique nucléaire et son rôle dans la découverte de la fission nucléaire.



Lise Meitner (1878-1968)



Vidéo sur la fission nucléaire à regarder

Doc. 1 Lise Meitner, victime de l'effet Matilda

Dès 1934, L. Meitner étudie l'atome d'uranium avec les chimistes allemands O. Hahn et F. Strassmann. En 1938, elle doit fuir l'Allemagne peu avant la concrétisation de leurs travaux. Ses deux collègues découvrent que le bombardement d'un noyau lourd d'uranium avec des neutrons forme des noyaux plus légers et en identifient un : le baryum. En 1939, L. Meitner et le physicien autrichien O. R. Frisch expliquent alors que le noyau d'uranium se fragmente pour former deux noyaux légers, un de baryum et un de krypton, en libérant des neutrons et une grande quantité d'énergie. Ils nomment cette transformation la fission nucléaire. Seul O. Hahn reçoit le prix Nobel de chimie pour la découverte de la fission nucléaire en 1944.

VOCABULAIRE

Particule libre : se dit d'une particule seule, par exemple un nucléon en dehors d'un noyau.

Physique nucléaire : domaine de la physique consacré à l'étude du noyau atomique.

Réaction nucléaire en chaîne : réaction au cours de laquelle un neutron libéré peut provoquer d'autres réactions en libérant de nouveaux neutrons pouvant réagir à nouveau.

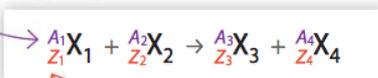
Doc. 2 Lois de conservation d'une transformation nucléaire

Lors d'une transformation nucléaire, les nucléons de noyaux atomiques ou de particules libres* se réarrangent pour former de nouveaux noyaux atomiques ou particules libres.

Il y a conservation du nombre de nucléons et de la charge électrique.

Conservation du nombre de nucléons :

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

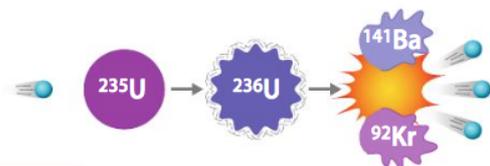


Conservation de la charge électrique :
 $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

Doc. 3 La fission de l'uranium

La fission d'un noyau d'uranium 235, dont l'écriture conventionnelle est ${}_{92}^{235}\text{U}$, est une transformation nucléaire. Parmi les fissions que peut subir ce noyau, l'une d'elles se décompose en deux étapes :

- l'absorption d'un neutron qui forme un noyau d'uranium 236 : ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}$;
- la fission de l'uranium 236 modélisée par l'équation : ${}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{36}^{92}\text{Kr} + {}_{56}^{141}\text{Ba} + 3 {}_0^1\text{n}$.



Questions :

- 1°) Rechercher la définition de l'effet Matilda (doc.1)
- 2°) Expliquer ce qu'est une fission (doc.1)
- 3°) Rechercher la signification de l'adjectif « nucléaire »
- 4°) a) Justifier que la fission est une transformation nucléaire (doc.2 et 3)
b) Vérifier que les équations modélisant la fission de l'uranium respectent les lois de conservation.
- 5°) Expliquer pourquoi la fission de l'uranium 235 peut provoquer une réaction en chaîne
- 6°) Identifier les isotopes d'un même élément (doc.3)
- 7°) Définir une transformation nucléaire
- 8°) Indiquer comment reconnaître une transformation nucléaire à partir de l'équation la modélisant.

Activité documentaire n°3 : panorama des centrales thermiques

En France, l'énergie électrique est essentiellement produite dans des centrales thermiques. Il en existe deux types : nucléaires et à flamme.

Quelles sont les transformations mises en jeu pour produire de l'énergie dans ces centrales ?

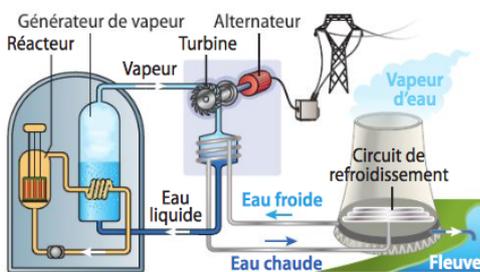


Vidéos sur les centrales thermiques et les centrales nucléaires à regarder

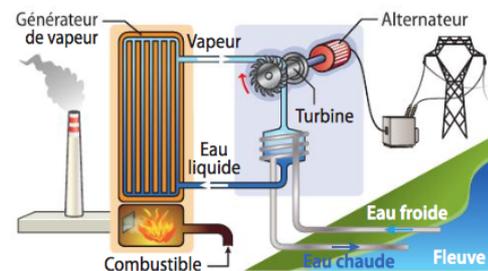
Doc. 1 Les centrales thermiques nucléaires

Une centrale thermique nucléaire fonctionne à l'aide d'un combustible nucléaire, l'uranium 235. Les noyaux d'uranium

$^{235}_{92}\text{U}$ sont percutés par des neutrons ^1_0n entraînant la formation de noyaux de xénon $^{139}_{54}\text{Xe}$ et de strontium $^{94}_{38}\text{Sr}$ accompagnés de deux neutrons. Ces neutrons peuvent à leur tour percuter d'autres noyaux, provoquant ainsi une réaction en chaîne. Cette réaction de fission est contrôlée dans le réacteur nucléaire. Elle permet de produire l'énergie nécessaire à la vaporisation d'eau. La vapeur d'eau sous pression entraîne des turbines qui font tourner un alternateur. Ce dernier convertit l'énergie mécanique en énergie électrique.



Doc. 2 Les centrales thermiques à flamme



Dans une centrale thermique à flamme, le combustible est une matière fossile telle que le gaz, le fuel ou le charbon. Par exemple, la combustion dans le dioxygène du charbon, principalement constitué de carbone, produit du dioxyde de carbone et de l'eau. Elle libère l'énergie nécessaire à la vaporisation d'eau pour faire tourner les turbines qui entraînent l'alternateur.

Doc. 3 Comparatif des moyens de production en France

Centrale thermique	Pourcentage d'énergie convertie	Énergie électrique (en TW·h)	Émissions de CO ₂ (en kg·MW ⁻¹ ·h ⁻¹)	Déchets radioactifs* (en g·MW ⁻¹ ·h ⁻¹)
Nucléaire	35 % (réacteur de 2 ^e génération)	10 à 40	6	11
À flamme	32 à 45 %	0,1 à 5	880 à 980	0

VOCABULAIRE

Radioactif : se dit d'un noyau instable qui se désintègre spontanément.

Questions :

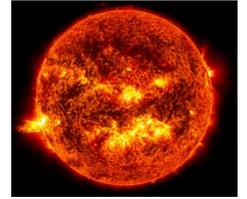
A partir des documents et de vos connaissances, présenter un exposé structuré et illustré d'une affiche (format A3) permettant d'établir une comparaison entre les deux types de centrales thermiques en précisant :

- la nature des transformations mises en jeu dans chaque centrale et les équations les modélisant
- les conditions de fonctionnement et la production d'énergie électrique ;
- les impacts environnementaux et les risques

Activité documentaire n°4 : la fusion nucléaire au cœur du Soleil :

Notre étoile, le Soleil, est née il y a 4,57 milliards d'années à partir d'un nuage interstellaire composé notamment des éléments hydrogène et hélium. C'est une boule de gaz chaud qui dégage sans cesse de l'énergie.

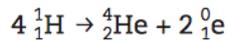
Quelles sont les transformations nucléaires responsables de la conversion d'énergie dans le Soleil ?



Vidéo sur la fusion nucléaire à regarder

Doc.1 La production d'énergie au sein du Soleil

Le cœur du Soleil, dont la température atteint quinze millions de degrés Celsius, ne refroidit jamais. L'énergie qui maintient cette température provient de transformations nucléaires comme l'a expliqué le physicien français J. Perrin. Au cœur du Soleil, la fusion nucléaire transforme quatre noyaux d'hydrogène 1 (ou protons) ${}^1_1\text{H}$ en un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ en libérant de l'énergie. Cette transformation est modélisée par l'équation :



VOCABULAIRE

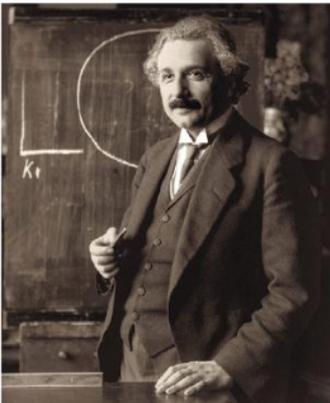
Endothermique : se dit d'une transformation qui absorbe de l'énergie thermique.

Exothermique : se dit d'une transformation qui libère de l'énergie thermique.

Particule libre : se dit d'une particule seule par exemple, un nucléon en dehors d'un noyau.

Transformation nucléaire : transformation au cours de laquelle les nucléons de noyaux atomiques ou des particules libres* se réarrangent pour former de nouveaux noyaux atomiques ou particules libres.

Doc.2 Énergie libérée lors d'une transformation nucléaire



Albert Einstein (1879-1955).

En 1905, le physicien A. Einstein affirme que la masse et l'énergie sont deux grandeurs équivalentes et formule la célèbre relation $E = m \times c^2$ liant l'énergie E, la masse m et la vitesse c de propagation de la lumière. Ainsi de l'énergie peut se transformer en masse et inversement. C'est ce qui se produit lors de la fusion nucléaire au cœur du Soleil : 620 millions de tonnes d'hydrogène sont transformées chaque seconde en 615,7 millions de tonnes d'hélium. La différence de masse est convertie en énergie rayonnée par le Soleil.

Donnée

Masse actuelle du Soleil : $1,99 \times 10^{30}$ kg

Questions :

- 1°) Justifier que les noyaux d'hydrogène sont également nommés protons (doc.1)
- 2°) Justifier que la fusion est une transformation nucléaire (doc.1)
- 3°) La fusion nucléaire est-elle une transformation endothermique ou exothermique ? (doc.2)
- 4°) a) Calculer la perte de masse du Soleil chaque année (doc.2)
b) Calculer le pourcentage de perte de masse du Soleil depuis sa naissance.