

Nom:..... Prénom:..... Classe:..... Date:

Tout sur le nucléaire

✔ Objectifs

- Isotopes. Écriture symbolique d'une réaction nucléaire. Aspects énergétiques des transformations nucléaires : Soleil, centrales nucléaires.
- Identifier des isotopes.

👤 Classe

2^{nde}

🕒 Durée

1,5 h

1 Les isotopes



- Ouvrir l'animation suivante: https://phet.colorado.edu/sims/html/isotopes-and-atomic-mass/latest/isotopes-and-atomic-mass_fr.html
- Choisir le menu « Isotopes ». Cliquer sur les deux « + » à droite pour faire apparaître le symbole et l'abondance dans la nature de l'élément.
- Ajouter ou retirer des neutrons aux noyaux de différents atomes des deux premières lignes du tableau périodique.
- Observer les noyaux obtenus et leur abondance dans la nature.¹

1. Rappeler les trois particules qui composent un atome.

Solution: Les trois particules qui composent un atome sont : les protons et les neutrons (qui forment le noyau) et les électrons (qui gravitent autour du noyau).

2. Que représente le nombre de masse d'un atome.

Solution: Le nombre de masse A représente le nombre total de nucléons (protons + neutrons) présents dans le noyau de l'atome.

3. À quoi correspond le nombre accolé derrière le nom d'un atome, tel que le carbone 12 ou le carbone 14 ?

Solution: Le nombre accolé derrière le nom de l'atome correspond au nombre de masse A de cet isotope (nombre de nucléons dans le noyau).

4. Rappeler ce qu'ont en commun deux isotopes, puis ce qu'ils ont de différent.

Solution: Deux isotopes ont le même nombre de protons (donc même numéro atomique Z , donc c'est le même élément chimique) mais un nombre différent de neutrons, donc un nombre de masse A différent.

¹Travail en partie basé sur le travail de Mme Fasseu du lycée Watteau.

5. À quoi semble être due l'instabilité d'un atome ?

Solution: L'instabilité d'un atome semble être due à un déséquilibre entre le nombre de protons et de neutrons dans le noyau.

2 Les transformations nucléaires

Écriture symbolique d'une transformation nucléaire

Document 1: Modélisation d'une transformation nucléaire

Lors d'une transformation nucléaire, les noyaux sont modifiés, donc de nouveaux éléments chimiques sont formés et de l'énergie est libérée.

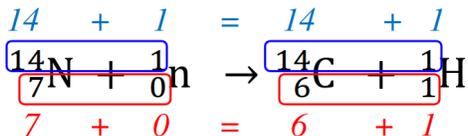
Une transformation nucléaire est modélisée par une équation dans laquelle apparaissent les symboles des noyaux des réactifs et des produits.



Lors d'une transformation nucléaire, il y a :

- conservation du nombre de nucléons (nombre A): $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$.
- conservation de la charge électrique (nombre Z): $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$.

Exemple: Formation du carbone 14 dans la haute atmosphère:



On a bien conservation du nombre de nucléons et de la charge.

6. La transformation nucléaire suivante respecte-t-elle les lois de conservation précédentes ? Justifier.



Solution: Vérification de la conservation :

- Conservation du nombre de masse : $226 = 222 + 4$
- Conservation de la charge : $88 = 86 + 2$

La transformation respecte bien les lois de conservation.

7. En utilisant les lois de conservation, compléter les pointillés dans l'équation suivante:



Remarque: La particule notée « 0_1e » est un positon, c'est l'antiparticule de l'électron. On va également rencontrer dans cette activité le neutron noté « 1_0n ».

Les transformations dans une centrale nucléaire

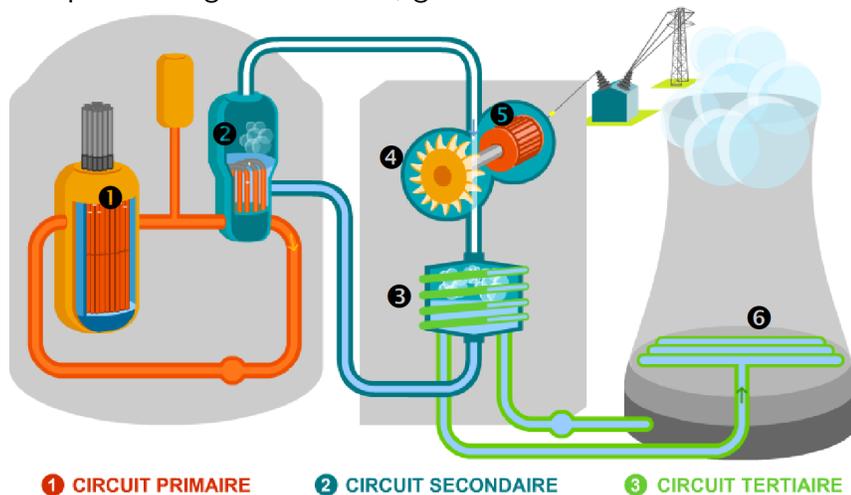


- Regarder la vidéo suivante : « Comment fonctionne une centrale nucléaire ? ». Pas besoin de son ! <https://youtu.be/-AyHLoHj4BU>

8. Compléter le texte suivant:

« Dans une centrale nucléaire, la fission des atomes d'uranium 235 produit une grande quantité de chaleur. Cette eau chaude transforme l'eau liquide du circuit secondaire en vapeur. Celle-ci met en mouvement une turbine qui entraîne un alternateur. Celui-ci produit un courant électrique. À la sortie de la turbine, la vapeur est transformée en eau liquide grâce à un condenseur ».

9. Compléter la légende suivante, grâce à la fin de la vidéo.



- ① Réacteur
- ② Générateur de vapeur
- ③ Condenseur
- ④ Turbine
- ⑤ Alternateur
- ⑥ Aéroréfrigérant

10. À quels changements d'état de l'eau assiste-t-on dans le circuit secondaire ? Préciser l'endroit de la centrale où ont lieu ces changements d'état.

Solution: Dans le circuit secondaire, on observe deux changements d'état :

- Vaporisation (liquide → gazeux) : dans le générateur de vapeur
- Condensation (gazeux → liquide) : dans le condenseur

11. De quoi sont constituées les « fumées » observées au-dessus des cheminées d'une centrale nucléaire ?

Solution: Les « fumées » sont constituées de vapeur d'eau. Il s'agit simplement d'eau sous forme gazeuse qui se condense partiellement au contact de l'air plus froid, formant des nuages blancs.

Document 2: La fission nucléaire

La fission nucléaire, utilisée dans les centrales, est une transformation nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd se fragmente en deux noyaux plus légers, sous l'impact d'un neutron. Il existe plusieurs fragments possibles, donc plusieurs équations de fission selon les fragments.



- Regarder la vidéo sur la fission, puis celle sur la réaction en chaîne du site CEA :
<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/radioactivite/fission.aspx>
<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/radioactivite/reaction-en-chaîne.aspx>

12. Comment est qualifié un atome qui a la faculté de se diviser en deux ?

Solution: Un atome qui a la faculté de se diviser en deux est qualifié de fissile.

13. Compléter une équation possible de fission nucléaire de l'isotope 235 de l'uranium.



Attention: « $3{}_0^1\text{n}$ » signifie qu'il y a 3 neutrons dans les produits, donc : « ${}_0^1\text{n} + {}_0^1\text{n} + {}_0^1\text{n}$ ».

14. Pourquoi une seule réaction de fission nucléaire peut-elle provoquer une réaction en chaîne ?

Solution: Une seule réaction de fission peut provoquer une réaction en chaîne car elle produit plusieurs neutrons (ici 3). Ces neutrons peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux d' ${}^{235}\text{U}$, qui produisent également des neutrons, et ainsi de suite. Le nombre de réactions augmente donc exponentiellement.

15. Comment est maîtrisée la réaction en chaîne dans un réacteur nucléaire ?

Solution: La réaction en chaîne est maîtrisée grâce aux barres de contrôle qui contiennent des matériaux absorbant les neutrons. En les insérant plus ou moins dans le cœur du réacteur, on contrôle le nombre de neutrons disponibles pour la fission.

Les transformations nucléaires dans le Soleil

Document 3: Que se passe-t-il dans le Soleil ?

« [...] Comment le Soleil entretient-il sa chaudière ? S'il se contentait d'émettre passivement sa chaleur [...], il se refroidirait inexorablement et s'éteindrait. Or sa longévité prouve qu'il doit compenser la lumière qu'il émet ; nous savons aujourd'hui de quelle façon.

C'est le physicien Jean Perrin qui, en 1921, a donné une explication en proposant comme source de production d'énergie les réactions nucléaires, c'est-à-dire les réactions se produisant entre les noyaux des atomes.

Cette idée a été proposée et développée quelques années plus tard par l'Allemand Hans Bethe qui décrit explicitement les réactions nucléaires se produisant au cœur du Soleil.

Le physicien a montré que, pendant la majeure partie de sa vie, l'étoile s'accommode de sa constante perte d'énergie en puisant dans sa réserve énergétique nucléaire. Dans les régions centrales du Soleil, plus denses et plus chaudes, des réactions de fusion transforment des noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium. »

Source: <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/soleil.aspx?Type=Chapitre&numero=1>



- Regarder la vidéo sur la fusion du site CEA ::
<http://www.cea.fr/multimedia/Pages/animations/radioactivite/reaction-de-fusion.aspx>

16. Chercher sur Internet la définition de la fusion nucléaire.

Solution: La fusion nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd. Cette réaction libère une grande quantité d'énergie et nécessite des conditions extrêmes de température et de pression.

17. Compléter l'équation de fusion nucléaire présentée dans l'animation:



18. Comment réussit-on à vaincre la répulsion naturelle entre les noyaux et à les faire fusionner ?

Solution: Pour vaincre la répulsion électrostatique entre les noyaux chargés positivement, il faut leur donner une énergie cinétique très élevée. Cela est obtenu en chauffant la matière à des températures extrêmement élevées (plusieurs millions de degrés) et en appliquant une pression énorme, comme c'est le cas au cœur du Soleil.