

Exercice 1

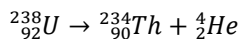
1) Quand dit-on que deux atomes (ou deux nucléides) sont isotopes ?

2) Remplir le tableau suivant. Ces deux nucléides (noyaux) sont-ils isotopes ? Justifier.

Représentation de deux noyaux d'atome d'azote	Nombre de nucléon A	Nombre de proton Z	Nombre de neutron N
${}^{13}_7N$			
${}^{15}_7N$			

Exercice 2

1) L'équation modélisant la transformation nucléaire suivante est-elle une fission nucléaire ou une fusion nucléaire ? Justifier.



Symbole et nom des éléments chimiques :

U : uranium ; Th : thorium ; He : Hélium

2) Les éléments chimiques se conservent-ils au cours des réactions nucléaires ? Justifier.

3) Calculer le nombre de nucléons des réactifs A (réactifs) et des produits, A (produits).

4) Calculer le nombre de charge Z des réactifs et produits.

5) En déduire ce qui se conserve au cours d'une transformation nucléaire.

6) La transformation d'un noyau d'uranium libère une énergie $E = 2,9 \times 10^{-11}$ J. Chaque jour un réacteur nucléaire consomme une masse $m = 2,6$ kg d'uranium 235 de formule ${}^{235}_{92}U$.

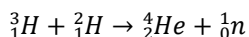
a) Démontrer que la masse approchée d'un noyau d'uranium vaut $m(U) = 3,92 \times 10^{-25}$ kg. La masse d'un nucléon vaut $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.

b) Démontrer que l'énergie produite E' en une journée par le réacteur nucléaire vaut $E' = 1,8 \times 10^{14}$ J.

c) Sachant qu'un kilogramme d'essence dégage une énergie $E_1 = 50 \times 10^6$ J, évaluer la masse m d'essence qu'il faudrait brûler pour obtenir l'énergie E' journalière déagée par le réacteur nucléaire.

Exercice 3

Une des réactions de transformation nucléaire dans le soleil est représentée par la réaction suivante :



0_1e est un positon. Un positon a une charge positive de $1,6 \times 10^{-19}$ C et a une masse égale à celle de l'électron $m(\text{positon}) = m(\text{électron}) = 9,1 \times 10^{-31}$ kg. Il s'agit en quelque sorte d'un 'électron positif'.

1) S'agit-il d'une transformation nucléaire de fission ou une fusion ? Justifier.

2) Vérifier les lois de conservation des transformation nucléaires.

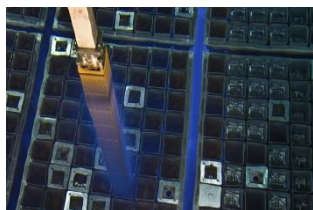
3) Le Soleil consomme des noyaux d'hydrogène et produit des noyaux d'hélium en libérant une énergie

$E(\text{libérée}) = \Delta m \times c^2$ avec Δm masse perdue par l'étoile en kilogramme et

$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, vitesse de la lumière dans le vide.

Chaque seconde le soleil libère une énergie $E = 3,9 \times 10^{26}$ J. Calculer la masse Δm perdue par le Soleil chaque seconde.

Exercice 4



L'uranium est un métal radioactif présent dans le sous-sol de la Terre. Avant de pouvoir l'utiliser comme combustible dans les réacteurs des centrales nucléaires, il faut l'extraire et le transformer.

L'extraction

L'uranium est un **métal** assez répandu dans le sous-sol de la Terre. Il est contenu dans des **minerais**, qui sont extraits de gisements à ciel ouvert ou en galeries souterraines. Ces gisements se trouvent essentiellement en Australie, aux États-Unis, au Canada, en Afrique du Sud et en Russie. En France, il en existe en Vendée et dans le Limousin, mais ils sont en voie d'épuisement.

Le traitement

Le minerai est réduit en petits morceaux, finement broyé et soumis à des opérations chimiques pour en extraire l'uranium. Cela permet d'obtenir **un uranium très concentré**, sous forme d'une poudre jaune appelée **yellow cake**. 1 000 t (tonnes) de minerai donnent environ 3 t de yellow cake, contenant 75 % d'uranium. Le yellow cake est ensuite **raffiné** pour le débarrasser de ses impuretés et obtenir un uranium complètement pur.

L'enrichissement

À ce stade, 1 kg d'uranium naturel est composé de 993 g d'**uranium 238 (238 nucléons)** et de 7 g d'**uranium 235 (235 nucléons)**.

Seul l'uranium 235 est fissile mais il n'est pas en proportion suffisante pour être utilisable dans les réacteurs des centrales. **L'uranium doit donc être enrichi en uranium 235**, de façon à ce qu'il en comporte entre 30 et 50 g.

La fabrication du combustible

Une fois enrichi, **l'uranium est transformé en poudre noire**. Comprimée et cuite au four, elle donne des petits cylindres d'environ 7 g et de 1 cm de long, appelés **pastilles**. Chaque pastille peut libérer autant d'énergie qu'1 t de charbon.

Les pastilles sont **enfilées dans des tubes en métal** de 4 m de long dont les extrémités sont bouchées, pour constituer ce que l'on appelle des **crayons**. Ces crayons sont regroupés par lots dans des **assemblages combustibles**. Ces assemblages sont placés dans le cœur du réacteur pour le faire fonctionner.

La consommation

Les pastilles vont séjourner entre 4 et 5 ans dans le réacteur et subir des réactions de fission nucléaire.

Au fil du temps, elles vont s'épuiser en uranium 235 et devront être remplacées. Cette opération s'effectue dans l'eau car elle permet de piéger les rayonnements radioactifs. Le combustible utilisé reste ensuite pendant 3 ans en piscine de refroidissement, le temps de perdre peu à peu une partie de sa radioactivité.

Le retraitement

Dans la plupart des pays, le combustible utilisé est mis dans des conteneurs d'acier et transporté vers **une usine de retraitement**. Celle de La Hague (AREVA), en France, dans le département de la Manche, est la plus grande installation de retraitement du monde.

Le retraitement consiste à **séparer les différents éléments du combustible** par des traitements mécaniques et chimiques de façon à les réutiliser et également à séparer les déchets. Ainsi, l'uranium est à nouveau enrichi pour produire du combustible nucléaire. **96 % du combustible utilisé est réutilisé**.

La partie du combustible utilisé qui ne peut pas être réutilisée, appelée **déchets ultimes**, est coulée dans du verre en fusion et entreposée pendant 30 à 40 ans à l'usine de La Hague.

1) Résumer le texte en 8 lignes maximum

2) Quelle est le pourcentage d'uranium 235 dans 1 kg d'uranium naturel ? (bonus)

3) Quelle masse m d'uranium peut-on tirer de 1000 t de minerai ? En déduire la masse d'uranium 235 utilisable pour produire de l'énergie à partir de ces 1000 t.

4) Quelle relation existe-t-il entre les noyaux d'uranium 235 et 238 ?

Exercice 5 (à ne faire que pour un ds de 1h15)

1) Compléter le tableau suivant en justifiant le type de transformation choisi.

Transformation pour m = 1 g de matière	Type de transformation (physique, chimique ou nucléaire)	Énergie produite (fournie au milieu extérieur)
condensation de l'eau		2,2 kJ
Combustion de l'essence		50 kJ
Fusion du deutérium + tritium symbolisée par l'équation : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$		400x10 ⁶ kJ

2) Quelle énergie E en kilojoule (kJ) produirait la combustion d'une masse m = 1 000 kg d'essence ?

3) Quelle masse m de deutérium + tritium faudrait-il faire réagir pour produire la même énergie ?

Corrigé

Exercice 1

1) (1 point) Deux nucléides sont isotopes quand ils ont même nombre de proton mais pas le même nombre de nucléon.

2) (3 points + 1 point) Remplir le tableau suivant. Ces deux nucléides (noyaux) sont-ils isotopes ? Justifier.

Représentation de deux noyaux d'atome de carbone	Nombre de nucléon A	Nombre de proton Z	Nombre de neutron N
$^{13}_7N$	13	7	6
$^{15}_7N$	15	7	8

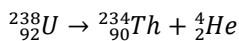
Ces 2 nucléides sont isotopes car ils ont même nombre de protons mais pas le même nombre de nucléons.

Exercice 2

1) (1 point) Il s'agit d'une réaction de fission : 1 noyau lourd donne naissance à 2 noyaux légers et de l'énergie

2) (1 point) Les éléments chimiques ne se conservent pas car l'uranium disparaît et les éléments thorium et hélium apparaissent.

3) (0,5 point) nombre de nucléons des réactifs et des produits.



$$A(\text{réactifs}) = 238$$

$$A(\text{produits}) = 238$$

4) (0,5 point)

$$Z(\text{réactifs}) = 92$$

$$Z(\text{produits}) = 90+2 = 92$$

5) (1 point) Au cours d'une transformation nucléaire, le nombre de nucléons et de charge se conservent.

Exercice 5

6) (1,5 point) a) $m(U) = A \cdot m = 3,92 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

b) (1,5 point) Calculer l'énergie produite E(totale) en une journée par le réacteur nucléaire.

$$E(\text{totale}) = (E \cdot m) / m(U) = 2,9 \times 10^{-11} \times 2,5 / (3,92 \times 10^{-25})$$

$$E(\text{totale}) = 1,8 \times 10^{14} \text{ J}$$

c) (1 point) $m = E' / E_1 = 1,8 \times 10^{14} / 5 \times 10^7 = 3,6 \times 10^6 \text{ kg} = 3600 \text{ t}$!

Exercice 3

1) (1 point) Il s'agit d'une transformation nucléaire de fusion car 2 noyaux légers donnent un noyau plus lourd et de l'énergie.

2) (1 point)

loi de conservation du nombre de nucléon :

$$A(\text{réactifs}) = A(\text{produits}) = 5$$

Loi de conservation du nombre de charge

$$Z(\text{réactifs}) = Z(\text{produits}) = 2$$

3) Le Soleil consomme des noyaux d'hydrogène et produit des noyaux d'hélium en libérant une énergie

$$E(\text{libérée})$$

$$= \Delta m$$

$\times c^2$ avec Δm masse perdue par l'étoile en kilogramme et

$$c$$

$$= 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ vitesse de la lumière dans le vide.}$$

Chaque seconde le soleil libère une énergie $E =$

$$3,9 \times 10^{26} \text{ J. Calculer la masse } \Delta m \text{ perdue par le}$$

Soleil chaque seconde.

Exercice 4

1) (2 points) Résumé.

2) (2 points) Résumé.

$$m = 75\% \times 3 \text{ t} = 2,25 \text{ t}$$

$$m = (7/1000) \times 2,25 \text{ t} = 0,016 \text{ t} = 16 \text{ kg.}$$

3) (1 point) Ces deux noyaux sont isotopes.

4) (0,5 pt) Pourcentage d'uranium 235

$$(7/1000) \times 100 = 0,7 \%$$

1)

Transformation pour m = 1 g de matière	Type de transformation (physique, chimique ou nucléaire)	Énergie produite (fournie au milieu extérieur)
condensation de l'eau	physique, car changement d'état de l'espèce chimique 'eau'	2,2 kJ
Combustion de l'essence	chimique, car apparition de nouvelles espèces chimiques (CO ₂ etc..)	50 kJ
Fusion du deutérium + tritium symbolisée par l'équation : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$	nucléaire de type fusion, car apparition de nouveaux éléments chimiques.	400x10 ⁶ kJ

2) Quelle énergie E en kilojoule (kJ) produirait la combustion d'une masse m = 1 000 kg d'essence ?

$$m = 1000 \text{ kg} = 1000 \times (1000 \text{ g}) = 10^6 \text{ g}$$

La combustion de 1 g d'essence produit une énergie de 50 kJ

Par conséquent la combustion de 10⁶ g produit une énergie :

$$E = 50 \text{ kJ} \times 10^6$$

3) Quelle masse m de deutérium + tritium faudrait-il faire réagir pour produire la même énergie ?

La fusion de 1g de matière produit 400x10⁶ kJ

L'énergie dégagée par la combustion de 1000 kg d'essence produit une énergie E' = 50 kJx10⁶ kJ

Il suffirait $m = E'/E = (50 \text{ kJ} \times 10^6) / (400 \times 10^6) = 0,125 \text{ g}$ de matière (deutérium + tritium) à transformer pour produire la même énergie que la combustion de 1000 kg d'essence.