

Correction

des exercices d'entraînement :

Compétences exigibles	A	B	C	D
Savoir que l'énergie convertie dans le Soleil provient de réactions de fusion nucléaire.				
Savoir que l'énergie convertie dans une centrale nucléaire provient de réactions de fission nucléaire.				

Exercice 1 : Dans le Soleil ou dans une centrale nucléaire ?

Equations de réaction	Type de transformation nucléaire	Transformation nucléaire susceptible de se produire dans le Soleil ou dans une centrale nucléaire ?
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{55}^{140}\text{Cs} + {}_{37}^{94}\text{Rb} + 2 {}_0^1\text{n}$	Fission nucléaire	Centrale nucléaire
${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$	Fusion nucléaire	Soleil
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{54}^{140}\text{Xe} + {}_{38}^{94}\text{Sr} + 2 {}_0^1\text{n}$	Fission nucléaire	Centrale nucléaire

Exercice 2 : Transformations nucléaires et énergie

1) a) Il s'agit d'une réaction de fusion nucléaire car deux noyaux légers vont fusionner pour former un noyau plus lourd, un neutron et dégager de l'énergie.

b) **Lois de Soddy :** Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A.

Donc l'équation peut s'écrire : ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$

On vérifie notre équation d'après les lois de conservation de Soddy :

- Loi de conservation du nombre de masse A : $2 + 3 = 4 + 1 \rightarrow$ égalité vraie !
- Loi de conservation du nombre de charges Z : $1 + 1 = 2 + 0 \rightarrow$ égalité vraie !

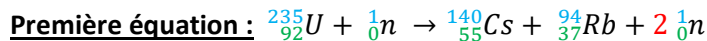
2) a) Il s'agit d'une réaction de fission nucléaire car un noyau lourd est bombardé par un neutron pour former plusieurs noyaux plus légers.

b) On dit que les réactions nucléaires de ce type sont **provoquées** car pour que le noyau lourd se désintègre alors qu'il est stable, il va avoir besoin d'être bombardé par un neutron. *C'est le contraire des transformations nucléaires **spontanées**, c'est-à-dire qui se produisent sans aucune intervention extérieure ;*

3) D'après l'AD2 : « Energie libérée lors des transformations nucléaires », document 4 : « **A masse égale, l'énergie libérée par les réactions de fusion nucléaire est [...] environ cent fois supérieure à celle des réactions de fission nucléaire.** » Donc à masse égale, c'est la réaction de fusion nucléaire qui libère plus d'énergie que la réaction de fission nucléaire.

Exercice 3 : Fission de l'uranium

- 1) Il s'agit bien de réactions de fission nucléaire car un noyau lourd ${}^{235}_{92}\text{U}$ est bombardé par un neutron ${}^1_0\text{n}$ pour former plusieurs noyaux plus légers.

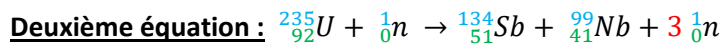


Remarque : ici le « 2 » est un nombre stœchiométrique.

On vérifie notre équation d'après les lois de conservation de Soddy :

- Loi de conservation du nombre de masse A : $235 + 1 = 140 + 94 + 2 \times 1 \rightarrow$ égalité vraie !
- Loi de conservation du nombre de charges Z : $92 + 0 = 55 + 37 + 2 \times 0 \rightarrow$ égalité vraie !

${}^{140}_{55}\text{Cs}$, ${}^{94}_{37}\text{Rb}$ et ${}^1_0\text{n}$ sont bien des noyaux plus légers que : ${}^{235}_{92}\text{U}$.



Remarque : ici le « 3 » est un nombre stœchiométrique.

On vérifie notre équation d'après les lois de conservation de Soddy :

- Loi de conservation du nombre de masse A : $235 + 1 = 134 + 99 + 3 \times 1 \rightarrow$ égalité vraie !
- Loi de conservation du nombre de charges Z : $92 + 0 = 51 + 41 + 3 \times 0 \rightarrow$ égalité vraie !

${}^{134}_{51}\text{Sb}$, ${}^{99}_{41}\text{Nb}$ et ${}^1_0\text{n}$ sont bien des noyaux plus légers que : ${}^{235}_{92}\text{U}$.

- 2) On peut dire qu'il s'agit de réactions en chaîne car en se désintégrant, le noyau lourd d'uranium 235, noté ${}^{235}_{92}\text{U}$, se désintègre en plusieurs noyaux plus légers dont des neutrons ${}^1_0\text{n}$, nécessaires pour pouvoir réaliser de nouvelles fissions nucléaires.

Exercice 4 : Soleil et centrale nucléaire

- 1) a) Par définition, le rendement ρ est égal : $\rho = \frac{\text{énergie électrique obtenue}}{\text{énergie nucléaire consommée}}$

Donc : $\text{énergie nucléaire consommée} = \frac{\text{énergie électrique obtenue}}{\rho}$

Ici, $\text{énergie électrique obtenue} = 1,4 \times 10^{18} \text{ J}$

Si, en France en 2017, les centrales nucléaires françaises ont produit $1,4 \times 10^{18} \text{ J}$ d'énergie électrique avec un rendement de 33 % par rapport à l'énergie nucléaire libérée par la fission, cela signifie qu'il y

a : $E_1 = \frac{1,4 \times 10^{18}}{0,33} = 4,2 \times 10^{18} \text{ J}$ d'énergie nucléaire convertie en électricité.

- b) E_1 représente l'énergie nucléaire moyenne libérée sur $\Delta t = 1$ année dans les centrales nucléaires françaises.

Donc on peut s'aider d'un tableau de proportionnalité pour en déduire E_2 , l'énergie nucléaire moyenne libérée chaque seconde.

$$E_2 = \frac{E_1}{\Delta t}$$

$$E_2 = \frac{4,2 \times 10^{18}}{365,25 \times 24 \times 60 \times 60}$$

$$E_2 = 1,3 \times 10^{11} \text{ J}$$

Durée	Energie libérée par la fusion
$\Delta t = 1 \text{ an}$ $\Delta t = 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}$	$E_1 = 4,2 \times 10^{18} \text{ J}$
1s	E_2

- 2) Calcul du quotient Q de l'énergie nucléaire libérée par le Soleil par celle produite en moyenne par les centrales nucléaires françaises :

$$Q = \frac{E_{\text{Soleil}}}{E_2} = \frac{4 \times 10^{26}}{1,3 \times 10^{11}} = 3 \times 10^{15}$$

Remarque : l'énoncé de la question ne permet pas de savoir avec certitude s'il s'agit de l'énergie nucléaire libérée dans les centrales ou de l'énergie électrique produite par ces centrales.

On peut conclure que l'énergie nucléaire mise en jeu dans les centrales françaises est négligeable par rapport à l'énergie produite par le Soleil. Autrement dit, le Soleil serait capable d'alimenter en énergie environ 10^{15} pays de la taille de la France !!

Exercice 5 : Energie du Soleil

- 1) C'est une fusion nucléaire car on passe de plusieurs atomes légers à un atome plus lourd.
 2) **Lois de Soddy** : Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A .

L'équation de réaction à vérifier est : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_1\text{e}$

Remarque : ici le « 4 » est un nombre stœchiométrique.

On vérifie notre équation d'après les lois de conservation de Soddy :

- Loi de conservation du nombre de masse A : $4 \times 1 = 4 + 2 \times 0 \rightarrow$ égalité vraie !
- Loi de conservation du nombre de charges Z : $4 \times 1 = 2 + 2 \times 1 \rightarrow$ égalité vraie !

- 3) Calcul de ΔE :

Expression littérale :

$$\Delta E = \Delta m \times c^2$$

Application numérique : $\Delta E = 19 \times 10^6 \times (3,00 \times 10^8)^2$

Résultat + Unité + CS : $\Delta E = 1,7 \times 10^{27} \text{ J}$

Exercice 6 : Fission dans une centrale nucléaire

- 1) **Lois de Soddy** : Lors d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A .

L'équation de réaction à étudier est : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{55}\text{Cs} + {}^{93}_x\text{Rb} + y {}^1_0\text{n}$

Remarque : ici le « y » est un nombre stœchiométrique.

On détermine x et y d'après les lois de conservation de Soddy :

- Loi de conservation du nombre de masse A pour déterminer y :

$$235 + 1 = 140 + 93 + y \times 1$$

$$236 = 233 + y$$

$$y = 236 - 233$$

$$y = 3$$
- Loi de conservation du nombre de charges Z pour déterminer x :

$$92 + 0 = 55 + x + y \times 0$$

$$92 = 55 + x$$

$$x = 92 - 55$$

$$x = 37$$

- 2) Calcul de la masse *approchée* du noyau d'uranium 235, de symbole ${}^{235}_{92}\text{U}$:

Calcul de la masse *approchée* de l'atome : voir chapitre 3 sur l'atome et l'élément chimique.

Expression littérale : $m(\text{noyau}) = A \times m_n$

Application numérique : $m(\text{noyau}) = 235 \times 1,67 \times 10^{-27}$

Résultat + Unité + CS : $m(\text{noyau}) = 3,92 \times 10^{-25} \text{ kg}$

- 3) D'après l'énoncé, on sait que : l'énergie libérée lors de la fission d'un noyau d'uranium 235, de symbole ${}^{235}_{92}\text{U}$, est $E = 2,8 \times 10^{-11} \text{ J}$.

On cherche E' , l'énergie libérée par la fission d'1 gramme d'uranium 235. Pour cela, on peut s'aider d'un tableau de proportionnalité (voir ci-contre).

$$E' = \frac{1 \times 2,8 \times 10^{-11}}{3,92 \times 10^{-25} \times 10^3} = 7,1 \times 10^{10} \text{ J} \rightarrow \text{CQFD}$$

Masse d'uranium 235	Energie libérée par la fission
$m(\text{noyau})$ $= 3,92 \times 10^{-25} \text{ kg}$ $= 3,92 \times 10^{-25} \times 10^3 \text{ g}$	$E = 2,8 \times 10^{-11} \text{ J}$
1 g	E'

Remarque : Attention à mettre les deux valeurs de masse dans la même unité pour faire la proportionnalité.

Exercice 7 : Perte de masse du Soleil

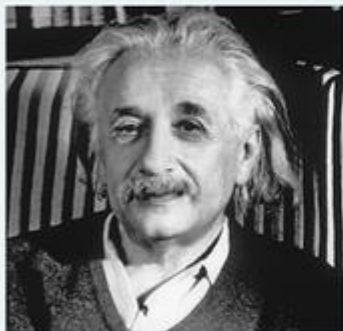
35

de masse du Soleil ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

AN/RÂ) évaluer des ordres de grandeur

DOC 1 Transformation nucléaire et perte de masse

En 1905, Einstein, énonce le principe d'équivalence entre masse et énergie. Lors d'une transformation nucléaire, c'est la perte de masse qui est à l'origine de l'énergie libérée : la masse ne disparaît pas, elle est convertie en énergie.

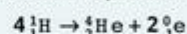


Albert Einstein (1879-1955), physicien américain d'origine allemande.

DOC 2 Fusion nucléaire au cœur du Soleil

L'énergie rayonnée par le Soleil provient des réactions de fusion des noyaux d'hydrogène en noyaux d'hélium.

La réaction de fusion de noyaux de l'isotope ${}^1_1\text{H}$ de l'hydrogène donne un noyau d'hélium et deux particules de symbole ${}^0_1\text{e}$ appelées positons, selon l'équation :



L'énergie libérée est de 24 MeV (mégaélectronvolt) tandis que la masse du système chimique diminue de $4,3 \times 10^{-29} \text{ kg}$.

DOC 3 Caractéristiques du Soleil

- Masse actuelle du Soleil : $2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$.
- Âge : 4,6 milliards d'années.
- Puissance totale rayonnée : $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

DOC 4 Données

- $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- $1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$E = P \cdot \Delta t$$

durée (en s) →

énergie (en J) ←

puissance (en W) ←

ANALYSE

1. Convertir en joule l'énergie libérée par la fusion de noyaux de l'isotope ${}^1_1\text{H}$.
2. Déterminer l'énergie libérée par Soleil depuis sa formation.
3. En supposant que l'énergie rayonnée provient intégralement de la fusion, déterminer la perte de masse du Soleil depuis sa formation.

SYNTHÈSE

Résumer le principe de conversion d'énergie dans le Soleil et justifier que sa perte de masse est négligeable par rapport à sa masse actuelle.