

Seconde Générale et Technologique

Physique-Chimie | Chapitre 8 : Transformation nucléaire

Enoncés des exercices

Les exercices sont classés en trois niveaux de difficulté :

- ★ Exercices d'application : comprendre les notions essentielles du cours
- ★★ Exercices d'entraînement : prendre les bons réflexes
- ★★★ Exercices d'approfondissement : aller plus loin

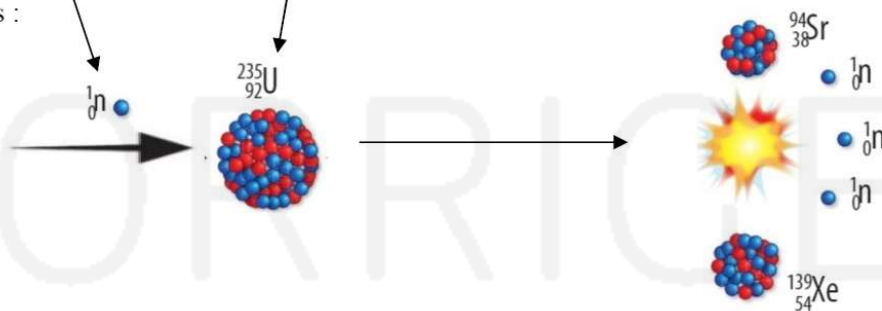
Exercices gratuits	Exercices sur abonnement*
★ 1	★ 2 – 3 – 4 – 5 – 6
★★ 7	★★ 8 – 9 – 10 – 11 – 12
★★★	★★★ 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18

EXERCICES GRATUITS

Exercice 1 ★

Fission nucléaire

Le noyau d'uranium 235 est fissile c'est-à dire qu'il peut se scinder en deux autres noyaux plus petits lorsque qu'un neutron percute ce noyau. Une des transformations nucléaires possibles est schématisée ci-dessous :



- 1) Ecrire l'équation de la réaction modélisant la fission nucléaire de l'uranium 235.
- 2) Le noyau d'uranium 238 quant à lui, n'est pas fissile. Quel est le symbole de son noyau ?
- 3) Que peut-on dire de l'uranium 235 et de l'uranium 238 ? Justifier.

Exercice 7 ★★

Traaansformation !!!

Voici des photographies de différents types de transformations :



a) Lingot d'or en préparation

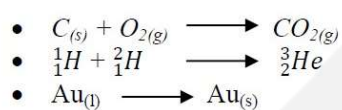


b) Charbon qui brûle



c) Soleil

- 1) Identifier la nature de chaque transformation ci-dessus.
- 2) Associer chaque transformation aux équations suivantes :



EXERCICES SUR ABONNEMENT

Exercice 2 * ★

Reconnaître des isotopes

L'objectif de cet exercice est de compléter le tableau suivant :

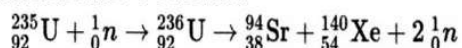
Particule	1	2	3	4	5
Formule	?	C	Cl^-	O	Al^{3+}
Atome, cation ou anion	Atome				
A		14			27
Z			17		
N	8		18	10	
Nombre d'électrons	8				10
Configuration électronique		$1s^2 2s^2 2p^2$		$1s^2 2s^2 2p^4$	

1. Que désignent les lettres A et Z ? (N désigne le nombre de neutrons).
2. Compléter le tableau.
3. Donner la définition de 2 particules isotopes. En déduire la formule de la particule 1.
4. Donner l'écriture conventionnelle des noyaux isotopes.

Exercice 3 * ★

Les transformations nucléaires

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



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

3° Calculer le nombre de nucléons des réactifs et des 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.

Exercice 4 * ★

Appliquer les lois de conservation

En utilisant les lois de conservation, compléter les valeurs manquantes de A et Z dans les équations de transformations nucléaires suivantes :

- ${}_{83}^{212}\text{Bi} \longrightarrow \text{Tl} + {}_2^4\text{He}$
- ${}_{53}^{123}\text{I} \longrightarrow {}_{52}^{123}\text{Te} + e$
- ${}_0^1\text{n} + \text{U} \longrightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{139}\text{Xe} + 3 {}_0^1\text{n}$

Exercice 5 * ★

Transformation de l'uranium 235

Dans un réacteur nucléaire, l'uranium 235 se transforme sous l'impact d'un neutron de plusieurs façons possibles.

- (1) ${}_{92}^{235}\text{U} + 1 {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{139}\text{Xe} + 3 {}_0^1\text{n}$
- (2) ${}_{92}^{235}\text{U} + 1 {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{36}^{93}\text{Kr} + {}_{?}^{140}\text{Ba} + 3 {}_0^1\text{n}$
- (3) ${}_{92}^{235}\text{U} + 1 {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{39}^{99}\text{Y} + {}_{53}^{131}\text{I} + ? {}_0^1\text{n}$

1. Ces équations traduisent-elles une fusion ou une fission nucléaire ? Justifier.
2. Calculer le nombre de nucléons des réactifs et des produits de la réaction (1). Conclure.
3. Calculer le nombre de protons des réactifs et des produits de la réaction (1). Conclure.
4. En déduire les valeurs inconnues dans les équations (2) et (3).
5. Pourquoi parle-t-on de réactions en chaîne ?

Exercice 6 * ★

Equation d'une réaction nucléaire

L'astate 218 est instable. Il se désintègre en formant du bismuth 214 et de l'hélium 4.

1° Donner les écritures conventionnelles des noyaux des atomes d'astate 218, de bismuth 214 et d'hélium 4.

2° Ecrire l'équation de la réaction nucléaire.

Données : $Z_{At} = 85$; $Z_{Bi} = 83$; $Z_{He} = 2$.

Exercice 8 * ★★

Des isotopes du chlore

L'élément chlore possède naturellement 12 isotopes dont 2 seulement sont stables : le chlore 35 et le chlore 37.

Les autres sont instables et vont se transformer.

Par exemple, le chlore 34 se transforme en émettant un positon, le chlore 36 émet quant à lui un électron.

Données :

- Numéros atomiques de quelques éléments : soufre S ($Z = 16$) ; chlore Cl ($Z = 17$) ; argon Ar ($Z = 18$)
- Notations symboliques : électron : ${}^0_{-1}e$ positon : 0_1e

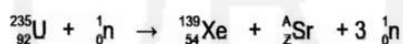


1. Définir le terme d'isotopes. Que désigne le nombre 35 dans l'écriture chlore 35 ?
2. Donner la composition des noyaux de chlore 35 et chlore 37 puis leur notation conventionnelle.
3. Ecrire l'équation de désintégration de chlore 34 puis celle du chlore 36 en expliquant la démarche.
4. Ces transformations sont-elles physiques, chimiques ou nucléaires ? Justifier.

Exercice 9 * ★★

L'uranium 235

Les sous-marins nucléaires utilisent l'uranium 235 comme combustible. La réaction possible est la suivante :



1° Justifier qu'il s'agit d'une réaction de fission.

2° En utilisant les règles de conservations, déterminer les de A et Z pour le strontium.

3° La fission d'un noyau d'uranium 235 libère une énergie $\Delta E_{\text{noyau}} = 2,87 \times 10^{-11}$ J. Calculer l'énergie ΔE échangée par la réaction pour une masse $m = 1,0$ kg d'uranium 235.

4° L'énergie dégagée par la combustion du charbon est d'environ $3,4 \times 10^7$ J.kg⁻¹. Quelle masse m de charbon faudrait-il brûler pour obtenir le même dégagement d'énergie qu'un kilogramme d'uranium 235 ?

Donnée : masse d'un noyau d'uranium 235 : $3,9 \times 10^{-25}$ kg.

Exercice 10 * ★★

Energie du soleil

Le Soleil, principalement constitué d'hydrogène, brille car une énergie colossale est libérée par la transformation de l'hydrogène qui se produit en son sein.

En effet, chaque seconde, le Soleil libère une énergie $E_{\text{Soleil}} = 4.10^{26} \text{ J}$.

Données :

Masse du Soleil : $m_{\text{Soleil}} = 2.10^{30} \text{ kg}$;

Energie libérée par la combustion (transformation chimique) d'un kilogramme de dihydrogène

H_2 : $E_{\text{comb } H_2} = 1.10^5 \text{ J}$.

- 1) Exprimer puis calculer la masse de dihydrogène qui serait nécessaire chaque seconde si l'énergie du Soleil était issue de la combustion du dihydrogène.
- 2) En déduire la durée de vie du Soleil dans ce cas en années.
- 3) Conclure sur la nature de la transformation qui produit l'énergie du Soleil.

Exercice 11 * ★★

Quelle est la meilleure énergie ?

Actuellement 2 méthodes possibles pour produire de l'énergie consistent à exploiter du combustible fossile (charbon, pétrole, gaz) ou du combustible nucléaire (uranium 235). L'avenir réside peut-être dans l'utilisation des isotopes de l'hydrogène (deutérium et tritium).

(1) Réaction simplifiée de combustion du charbon $C + O_2 \rightarrow CO_2$

(2) Désintégration de l'uranium ${}_{92}^{235}\text{U} + 1\frac{1}{0}\text{n} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{139}\text{Xe} + 3\frac{1}{0}\text{n}$

(3) Réaction entre le deutérium et le tritium ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

Données :

- Masse d'un atome de deutérium : $m_D = 3,34.10^{-27} \text{ kg}$
- Énergie libérée par la combustion d'un kilogramme de charbon : 30 MJ
- Énergie libérée par la combustion d'un kilogramme d'uranium : $7,4.10^7 \text{ MJ}$
- Énergie libérée par la réaction d'un noyau de deutérium : $2,82.10^{-12} \text{ J}$

1. Quelle est la nature des transformations (1), (2) et (3) ? Justifier.
2. Quelle masse de charbon faut-il utiliser pour produire autant d'énergie qu'un kilogramme d'uranium ?
3. Calculer le nombre d'atomes dans un kilogramme de deutérium.
4. En déduire l'énergie produite par l'exploitation d'un kilogramme de deutérium.
5. Pourquoi parle-t-on de la fusion comme une énergie d'avenir ?

Exercice 12 * ★★

Le plutonium

Le plutonium, de numéro atomique 94, est radioactif. Il en existe peu à l'état naturel. En revanche, il s'en forme dans le cœur des réacteurs nucléaires, par une réaction en chaîne. Quand un noyau d'uranium 238 capture un neutron, il se transforme en uranium 239. En libérant un électron, l'uranium 239 se transforme en neptunium 239. Cet élément libère à son tour un électron et donne ainsi naissance au plutonium 239.

1° Écrire l'équation de réaction nucléaire correspondant à la capture d'un neutron par l'uranium 238 en énonçant les lois de conservation utilisées.

2° L'uranium 239 et le plutonium 239 sont-ils des isotopes ? Justifier.

3° Écrire l'équation de désintégration qui permet de passer de l'uranium 239 au neptunium 239 puis celle qui permet de passer du neptunium 239 au plutonium 239.

L'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'uranium 239 en neptunium 239 est $E = 1,20 \times 10^{13} \text{ J}$.

4° Calculer l'énergie libérée par 1,0 g d'uranium 239.

Donnée : masse d'un noyau d'uranium 238 : $3,9 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

Nom du noyau ou de la particule	Uranium (238)	Uranium (239)	Neptunium (239)	Plutonium (239)	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{238}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{93}\text{Np}$	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$	${}_{-1}^0\text{e}$

Exercice 13* ★★

Le carbone 14... ? Ça date !

CORRIGEO

En octobre 2018, un vaisseau grec échoué a été découvert au fond de la mer Noire. Pour dater ce bateau, on a réalisé une datation au carbone 14 sur un échantillon de bois provenant de la coque. Il a été mesuré 9,5 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

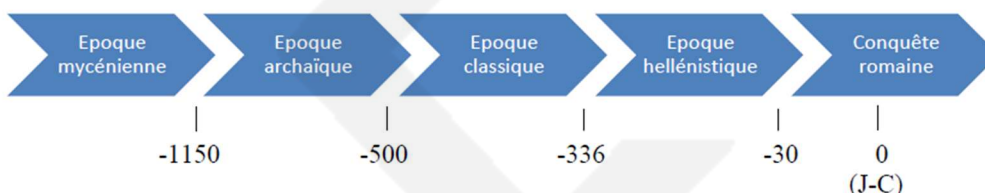
Document 1 : Désintégration du carbone 14

Le carbone 14 est un isotope instable du carbone 12 c'est-à-dire qu'il se désintègre spontanément en formant un électron de symbole ${}_{-1}^0e$ et un noyau de symbole 4_2X .

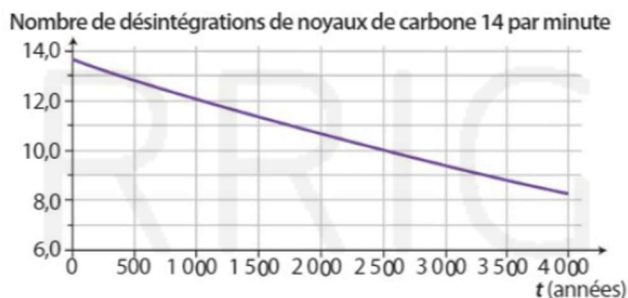
Sa teneur est constante dans l'atmosphère. Il réagit rapidement avec le dioxygène de l'air O_2 pour former du dioxyde de carbone CO_2 .

Tous les organismes vivants échangent du dioxyde de carbone par la respiration et l'alimentation. Ils fixent le carbone 14 dans leurs tissus jusqu'à leur mort à une teneur égale à celle de l'atmosphère. Après leur mort, l'absorption et le rejet de dioxyde de carbone s'arrêtent.

Document 2 : Frise chronologique



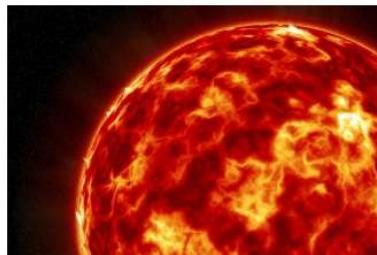
Document 3 : Nombre de désintégrations d'un gramme de carbone 14 au cours du temps



- 1) Expliquer la phrase en italique du document 1.
- 2) Ecrire l'équation de désintégration du carbone 14 en utilisant la classification périodique.
- 3) Justifier que la teneur en carbone 14 reste constante dans les organismes vivants.
- 4) Comment évolue la teneur en carbone 14 dans un organisme après sa mort ? Justifier.
- 5) Déterminer l'époque de construction du navire grec en expliquant la démarche.

L'énergie libérée par le Soleil

Le Soleil est un réacteur thermonucléaire dans lequel des noyaux d'hydrogène fusionnent pour donner naissance à de l'hélium en libérant une énergie E selon la célèbre relation d'Einstein $E = mc^2$ où m est ici la masse perdue par le Soleil et c la célérité de la lumière dans le vide.



Données :

- Notation conventionnelle de particules : hydrogène ${}^1_1\text{H}$ hélium ${}^4_2\text{He}$ positon ${}^0_1\text{e}$
- Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Énergie libérée par le Soleil chaque seconde : $3,9 \cdot 10^{26} \text{ J}$
- Masse actuelle du Soleil : $M = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
- Age du Soleil : 4,6 milliards d'années

1. Sachant que la fusion de l'hydrogène en hélium s'accompagne de la libération de positons, écrire l'équation ajustée de cette transformation.
2. Quelle est la nature de cette transformation ? Sous quelle(s) forme(s) l'énergie est-elle libérée au cours de cette transformation ?
3. Calculer la masse m perdue par le Soleil chaque seconde.
4. En supposant que l'énergie libérée par le Soleil est constante depuis son origine, estimer le pourcentage de masse qu'il a perdu depuis qu'il existe.

Exercice 15 *★★★★

La radioactivité naturelle

Le noyau de radium 226 se désintègre spontanément en donnant un noyau de radon 222 lui-même radioactif et une autre particule.

1° Donner la composition du noyau de radium.

2° Écrire l'équation de la réaction de désintégration du radium.

3° Déterminer le nombre N_0 de noyaux de radium présents dans l'échantillon de 1,00 g.

On note N le nombre de noyaux radioactifs de l'échantillon à la date t .

t (en an)	0	1×10^3	2×10^3	3×10^3	4×10^3	6×10^3
N (en noyaux)	N_0	$1,79 \times 10^{-27}$	$1,15 \times 10^{-27}$	$7,40 \times 10^{-26}$	$4,77 \times 10^{-26}$	$1,99 \times 10^{-26}$

4° Tracer le graphique $N = f(t)$.

Chaque noyau radioactif est caractérisé par sa demi-vie $t_{1/2}$ qui est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon est divisé par deux.

5° Déterminer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du radium

6° Au bout de combien de temps les $3/4$ des noyaux de radium seront-ils désintégrés ?

Données :

Noyau	radium	radon	hélium	neutron	proton
Symbole	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^4_2\text{He}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$
Masse en kg	$3,62 \times 10^{-25}$	$3,55 \times 10^{-25}$	$6,4 \times 10^{-27}$	$1,67 \times 10^{-27}$	$1,67 \times 10^{-27}$

Exercice 16 *★★★★

Les sous-marins nucléaires

D'abord propulsés par des moteurs Diesel rechargeant des batteries, les sous-marins ne pouvaient pas rester en plongée très longtemps car pour utiliser leur moteur, ils devaient obligatoirement faire surface afin d'évacuer les gaz d'échappement des moteurs. Tout a changé avec la propulsion nucléaire : ce n'était plus la propulsion qui limitait la plongée mais la résistance physique de l'équipage. Lors de ses missions d'une durée de 2 mois sous l'eau, le sous-marin nucléaire français « le Terrible » (le dernier entré en service en 2010) emporte une masse d'uranium 235 $m_U = 10 \text{ kg}$ pour sa propulsion.



Données :

Masse d'un atome d'uranium 235 : $m_{\text{noy}} = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$;

Energie libérée par 1 noyau d'uranium 235 : $E_{\text{noy}} = 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}$;

Energie libérée par la combustion d'un litre de gasoil : $E_{\text{gasoil}} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ J}$;

Masse volumique du gasoil : $\mu_{\text{gasoil}} = 840 \text{ g.L}^{-1}$.

ENONCE COMPACT

Quelle masse de gasoil, notée m_{gasoil} et exprimée en tonnes, aurait-il fallu à bord d'un tel sous-marin emporter pour faire une mission de 2 mois avant l'utilisation de l'énergie nucléaire ?

ENONCE DETAILLE

- 1) Exprimer puis calculer le nombre de noyaux, noté N_{noy} , d'uranium 235 emportés lors des missions du sous-marin « le Terrible ».
- 2) En déduire l'énergie, notée $E_{\text{sous-marin}}$, produite par l'uranium sur le sous-marin lors de ses missions.
- 3) Exprimer alors puis calculer le volume de gasoil, noté V_{gasoil} , qu'il fallait emporter sur les sous-marins à moteur Diesel.
- 4) Quelle masse de gasoil, notée m_{gasoil} et exprimée en tonnes, fallait-il emporter pour faire une mission de 2 mois avant l'utilisation de l'énergie nucléaire ?

La radioactivité qui diagnostique

Lors d'une scintigraphie cardiaque, un patient de 70 kg reçoit 2,0 mL d'une solution aqueuse de chlorure de thallium 201 de concentration en masse en ions thallium de $4,8 \mu\text{g.L}^{-1}$.

A l'état naturel, on trouve le thallium (Tl) sous forme de thallium 203 et thallium 205.

Le thallium 201 est quant à lui radioactif. Il se désintègre en émettant des photons γ qui peuvent être captés par une caméra adaptée.

Au cours de cette désintégration, le thallium se transforme en mercure (Hg) et libère un positon.

Données :

- Numéro atomique du thallium : $Z = 81$
- Dose maximale de thallium lors d'une injection : $150 \text{ ng/kg corporel}$
- Notation symbolique d'un positon : ${}^0_1\text{e}$

1. Donner la définition de noyaux isotopes. En déduire la composition des 3 isotopes du thallium cités dans l'énoncé.
2. Ecrire l'équation de désintégration du thallium 201.
3. En déduire la nature de cette transformation. Justifier.
4. Montrer que la dose injectée au patient ne présente pas de danger.
5. Au cours du temps, le thallium disparaît de l'organisme. Tous les 3 jours, la masse de thallium 201 est divisée par 2. Quelle masse de thallium reste-t-il dans l'organisme du patient 15 jours après la scintigraphie ?

Exercice 18 * ★★★

Le carbone 11, un traceur radioactif

Les traceurs radioactifs sont des radio-isotopes très utilisés en imagerie médicale pour l'exploration des organes. Le carbone 11 ${}^{11}_6\text{C}$ est un traceur radioactif utilisé pour suivre en particulier l'évolution de la maladie de Parkinson lorsqu'il se fixe dans le cerveau.

1° Donner la composition du noyau de carbone 11.

2° Le carbone 11 peut-être préparé en projetant des protons d'énergie élevée sur du bore ${}^{11}_5\text{B}$. La réaction produit le carbone 11 et une particule notée ${}_Z^AX$.

Ecrire l'équation bilan de cette réaction et identifier la particule X.

3° Le carbone 11 se désintègre spontanément pour donner du bore ${}^{11}_5\text{B}$.

Ecrire l'équation bilan de la désintégration du carbone 11.

4° La courbe ci-dessous représente l'activité A d'un échantillon de carbone 11 en fonction du temps. L'activité, mesurée en becquerel (Bq) est le nombre de noyaux désintégrés par seconde dans l'échantillon.

a) On appelle demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon d'un élément radioactif, la durée au bout de laquelle l'activité A est divisée par 2. Donner la valeur de $t_{1/2}$ pour le carbone 11.

b) Un patient auquel on a injecté du carbone 11 présente une activité de 75 MBq à midi. A quelle heure lui a-t-on injecté l'échantillon ?

c) Pourquoi doit-on préparer le carbone 11 sur les lieux de son utilisation ?

