

PHYSIQUE-CHIMIE

Première Scientifique

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h30

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Exercice 1 Les applications technologiques de la radioactivité CH10

"Au cours du XX^e siècle, d'énormes progrès ont été réalisés en médecine grâce à la radioactivité. La technique consiste à introduire dans l'organisme des substances radioactives appelées traceurs pour diagnostiquer (identifier la maladie) et soigner. Par exemple, on sait que les phosphonates entrent dans le métabolisme¹ osseux; si on injecte du phosphonate radiomarqué au "technétium 99", celui-ci se comporte comme un traceur. Il participe au métabolisme de la même façon que le phosphonate naturel auquel il est mélangé et se répartit sur le squelette. Le rayonnement gamma émis traverse les tissus et peut donc être détecté à l'extérieur de l'organisme par une gamma caméra. Cette caméra permet d'obtenir des informations sous forme d'une image appelée la scintigraphie. Celle-ci pourra apporter des renseignements fonctionnels comme, par exemple, le degré de consolidation d'une fracture.

D'autres traceurs sont utilisés; citons: l' "iode 131"; le "carbone 11"; l' "azote 13"; l' "oxygène 15". Ils sont choisis parce que leur activité décroît rapidement.

La radioactivité est utilisée dans le traitement des tumeurs et des cancers: c'est la radiothérapie. Le principe consiste à bombarder une tumeur avec le rayonnement β^- émis par le "cobalt 60".

Dans certains cas, il faut une source radioactive plus ionisante: on utilise un rayonnement de type alpha, plus massif que les autres.

La découverte de la radioactivité a donné aux sciences, à la médecine et à l'industrie un élan qui, après un siècle, ne s'est pas ralenti."

¹ Le métabolisme représente l'ensemble des transformations physiques et chimiques dans les tissus vivants.

D'après les textes d'un site Internet

1. Questions préalables :

1.1. Par quels nombres caractérise-t-on le noyau d'un atome ? Donner leur nom, leur symbole et ce qu'ils représentent.

1.2. Le "carbone 11" et le "carbone 12" sont deux isotopes. Qu'est-ce qui différencie les isotopes d'un même élément chimique ?

1.3. L' "oxygène 15" est radioactif β^+ :

Ecrire l'équation de la désintégration correspondante.

Extrait de la classification périodique:

${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{11}\text{Na}$
----------------	----------------	----------------	----------------	--------------------	--------------------

2. A propos du texte :

2.1. Dans le texte on parle de traceurs, quelle propriété commune présentent-ils ?

2.2. Le texte donne une particularité des radioéléments utilisables en scintigraphie, laquelle ?

2.3. Quelques types de rayonnement :

2.3.1. Dans le texte, il est question de radioactivité β^- et alpha; donner le nom et le symbole A_ZX de chacune de ces particules.

2.3.2. Justifier à partir de la question précédente la phrase "un rayonnement de type alpha plus massif que les autres".

3. Scintigraphie :

	Activité A_0 en Bq au moment de l'injection	Activité A_{400} en Bq 400 jours après l'injection.
traceur de demi-vie égale à 8 jours (Iode 131)	2×10^5	6×10^{-3}
traceur de demi-vie égale à 80 jours	2×10^5	6 255

On injecte à un patient un échantillon d' "iode 131" de temps de demi-vie égal à 8 jours environ.

3.1. Donner la définition du temps de demi-vie.

3.2. En vous aidant du tableau ci-dessus, justifier le choix de l' "iode 131" en scintigraphie.

4. Radiothérapie :

Le cobalt ${}^{60}_{27}\text{Co}$ est émetteur β^-

4.1. Écrire l'équation de désintégration du "cobalt 60".

Données:

Extrait de la classification périodique:

${}_{25}\text{Mn}$	${}_{26}\text{Fe}$	${}_{27}\text{Co}$	${}_{28}\text{Ni}$	${}_{29}\text{Cu}$
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

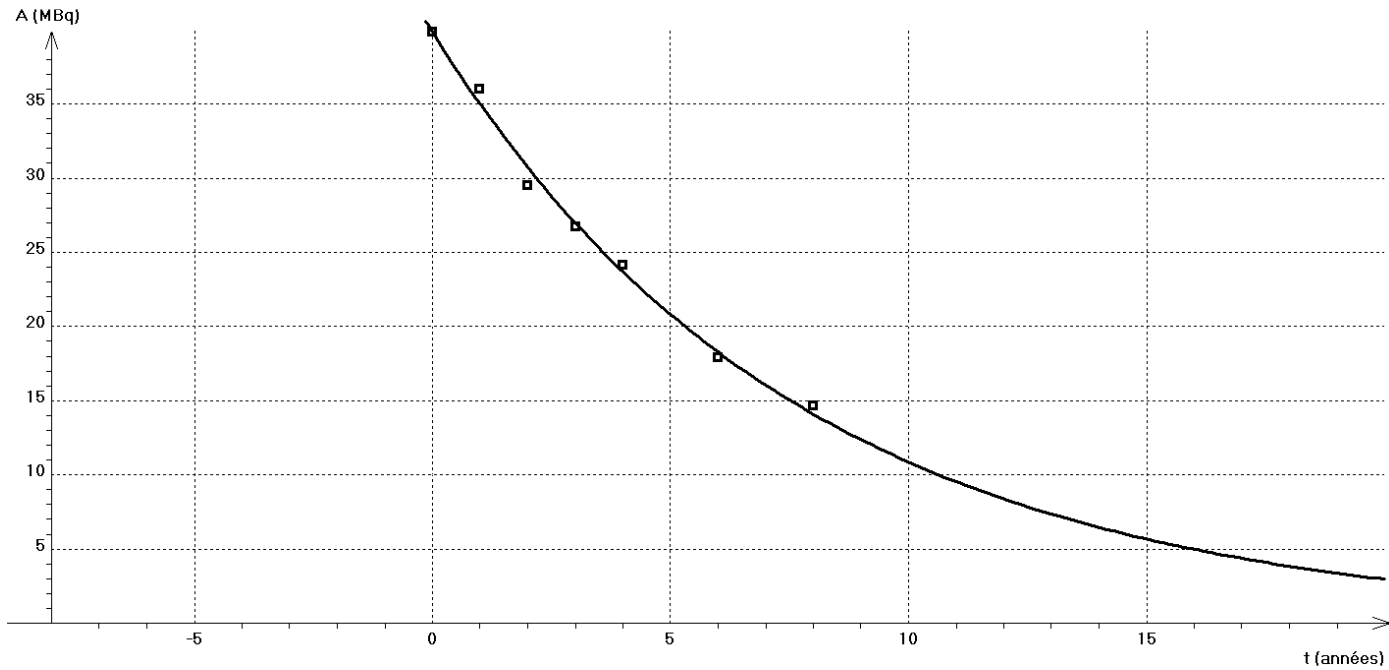
4.2. Un centre hospitalier reçoit un échantillon de "cobalt 60".

4.2.1. Rappeler la définition de l'activité d'une source radioactive .

4.2.2. Le technicien du laboratoire est chargé de contrôler cette source, tous les ans. A l'aide d'un compteur, il détermine le nombre de désintégrations ΔN obtenues pendant une courte durée notée $\Delta t = 0,20$ s.

On sait que le nombre initial de noyaux de cobalt 60 est de $1,0 \cdot 10^{16}$ noyaux ; Toutes les 0,20 s il se désintègre $8,0 \cdot 10^6$ noyaux. En déduire l'activité de cet échantillon.

4.2.3. On trace à l'aide d'un logiciel approprié le graphe de l'activité A en fonction du temps : $A = f(t)$.



Déterminer graphiquement le temps de demi-vie. Commenter

Exercice 2 Radioactivité CH16

1. Radioactivité α : désintégration du radium 226 :

L'équation de désintégration du radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ est : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

1. Calculer l'énergie libérée lors de la désintégration :

- d'un noyau de radium 226 (en MeV)
- d'une mole de noyau de radium 226 (en $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Données :

Noyau	Masse (u)
Radium	225,9770
Radon	221,9702
Hélium	4,0015

$$c = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Indication 1 :

En physique nucléaire, on utilise généralement une **autre unité de masse**, appelée **unité de masse atomique**. Elle est définie par : $1 \text{ u} = 1.66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Elle correspond à 1/12^{ème} de la masse de l'atome de carbone 12.

Indication 2 :

Lorsque l'on calcul un bilan énergétique d'une réaction nucléaire, on le fait pour un noyau. Si on veut **comparer le bilan énergétique entre une réaction chimique et une réaction nucléaire**, il faut parler en moles de noyau.

On pourra alors calculer l'énergie d'une réaction nucléaire par mole de noyau en multipliant l'énergie obtenu grâce à un noyau par le nombre d'Avogadro : $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (on rappelle que cette constante représente le nombre d'atomes, donc de noyaux par mole).

2. Réactions provoquées : fusion et fission :

2.1. Rappeler ce qu'est une réaction nucléaire provoquée

2.2. Donner la définition d'une réaction de fusion et de fission.

2.3. Proposer l'équation-bilan d'une réaction de fusion et d'une réaction de fission. On s'aidera pour cela des éléments écrits ci-dessous, on choisira pour chaque réaction les éléments les plus pertinents.

Noyau
${}_{92}^{235}\text{U}$
${}_{38}^{94}\text{Sr}$
${}_{54}^{145}\text{Xe}$
n

Noyau
${}_{1}^2\text{H}$
${}_{1}^3\text{H}$
${}_{2}^4\text{He}$
n

3. Comparaison fission-fusion :

On veut comparer l'énergie libérée par une réaction de fusion : $\Delta E_f = \frac{-28.41}{5} = -5.682 \text{ MeV/nucléon}$

On veut comparer l'énergie libérée par une réaction de fission : $\Delta E_f = \frac{-184.7}{236} = -0.7826 \text{ MeV/nucléon}$

Exercice 3 Radioactivité CH16

1. Rappeler le contexte dans lequel a été fabriquée la bombe atomique.
2. Quel est le rôle de l'importance de la famille Curie dans l'histoire de la physique nucléaire.
3. Quel est la cause de l'accident de Fukushima ?

Exercice 4 Nomenclature

Compléter le tableau suivant

Formule semi développée	Nom
$\begin{array}{ccccccc} & & \text{CH}_3 & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 & & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	
	2,2-diméthylpentane
$\begin{array}{cccc} \text{CH}_2 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & = & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	
	5-éthyl-2-méthylhept-3-ène

PHYSIQUE-CHIMIE

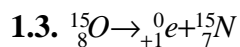
Première Scientifique

Exercice 2 Radioactivité CH10 (10,5points)

1. Questions préalables :

1.1. Un noyau est caractérisé par Z son numéro atomique (ou nombre de charges) et par A son nombre de nucléons (ou nombre de masse).

1.2. Deux isotopes d'un même élément chimique possèdent un même numéro atomique Z mais un nombre de nucléons A différent.



2. A propos du texte

2.1. Ce sont des émetteurs de rayonnement γ .

2.2. Les traceurs utilisés en scintigraphie ont une activité qui décroît rapidement.

2.3.1. La radioactivité β^- est accompagnée par l'émission d'électrons : ${}^0_{-1}e$ tandis que la radioactivité α est accompagnée de l'émission de noyaux d'hélium ${}^4_2\text{He}$.

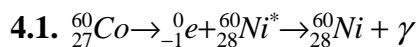
2.3.2. Un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ a une masse beaucoup plus grande que celle d'un électron (β^-) ou d'un positron (β^+).

3. Scintigraphie

3.1. Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés.

3.2. Les deux traceurs possèdent une même activité initiale, ils seront détectés avec la même intensité par la gamma caméra, mais l'iode 131 possède après 400 jours une activité beaucoup plus faible que le traceur de demi-vie 80 jours. L'iode 131 est donc moins nocif pour la santé.

4. Radiothérapie



4.2.1. L'activité est le nombre de noyaux instables désintégrés par seconde, en Becquerel Bq

4.2.2. $A = \frac{N}{t} = \frac{8 \cdot 10^6}{0,20} = 40 \text{MBq}$

4.2.2. $\Delta N = -N \cdot \lambda \cdot \Delta t$

4.2.3. $t_{1/2} = 5,2 \text{ ans}$

Exercice 2 Radioactivité CH16

1. Radioactivité α : désintégration du radium 226 :

L'équation de désintégration du radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ est : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

Désintégration du radium 226 : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

Energie libérée :

$$\Delta E = \Delta m \times c^2 = \underbrace{(4.0015 + 221.9702 - 225.9770)} \times 1.66054 \times 10^{-27} \times (2.9979 \times 10^8)^2$$

Ici on trouve : $\Delta E = -7.9097 \times 10^{-13} \text{ J} = -4.94 \text{ MeV}$

On rappelle que cette énergie est négative car le système la cède au milieu extérieur.

Energie libérée par mole de noyau : $\Delta E_m = 7.9 \times 10^{-13} \times 6.02 \times 10^{23} = -4.8 \times 10^{11} \text{ J.mol}^{-1}$

2. Réactions provoquées : fusion et fission :

2.1. La réaction est provoquée par la collision de particules : neutron contre noyau d'uranium pour la fission, isotopes de l'hydrogène pour la fusion.

2.2. La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd, dit fissile, se scinde en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron.

La fusion nucléaire est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour donner un noyau plus lourd.

3. Comparaison fission-fusion :

On voit que **par nucléon, la fusion produit bien plus d'énergie que la fission.**

De plus, **l'approvisionnement en hydrogène** (donc en deutérium et tritium) se fait aisément (eau), et la fusion n'engendre **pas de déchets radioactifs** (noyaux fils eux mêmes radioactifs).

Les recherches s'orientent donc vers cette réaction nucléaire, le but étant la production d'énergie.

Exercice 4 Nomenclature

Compléter le tableau suivant

Formule semi développée	Nom
$\begin{array}{ccccccc} & & \text{CH}_3 & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 & & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	3-éthyl-4,6-diméthyl-octane
	2,2-diméthylpentane
$\begin{array}{cccc} & \text{CH}_3 & & \\ \text{CH}_2 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & = & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & \\ & \text{CH}_3 & & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	2,3,3-triméthylpentène
	5-éthyl-2-méthylhept-3-ène