

La radioactivité

CONTEXTE DU SUJET

L'une des manières de comprendre comment se construit le savoir scientifique est de retracer le cheminement effectif de sa construction au cours de l'histoire des sciences. Le rôle prépondérant joué par Pierre et Marie Curie ainsi que Becquerel est à souligner. L'histoire du savoir scientifique est une aventure humaine. Des controverses, parfois dramatiques, agitent la communauté scientifique. Ainsi, peu à peu, le savoir progresse et se précise.

Le but de ce TD est d'étudier quelques applications de la radioactivité.

TRAVAIL À EFFECTUER

Réaliser les exercices suivants

Exercice 1 Les applications technologiques de la radioactivité

"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 ${}^A_Z\text{X}$ 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 ${}_{27}^{60}\text{Co}$ est émetteur β^-

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

Données:

Extrait de la classification périodique:

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

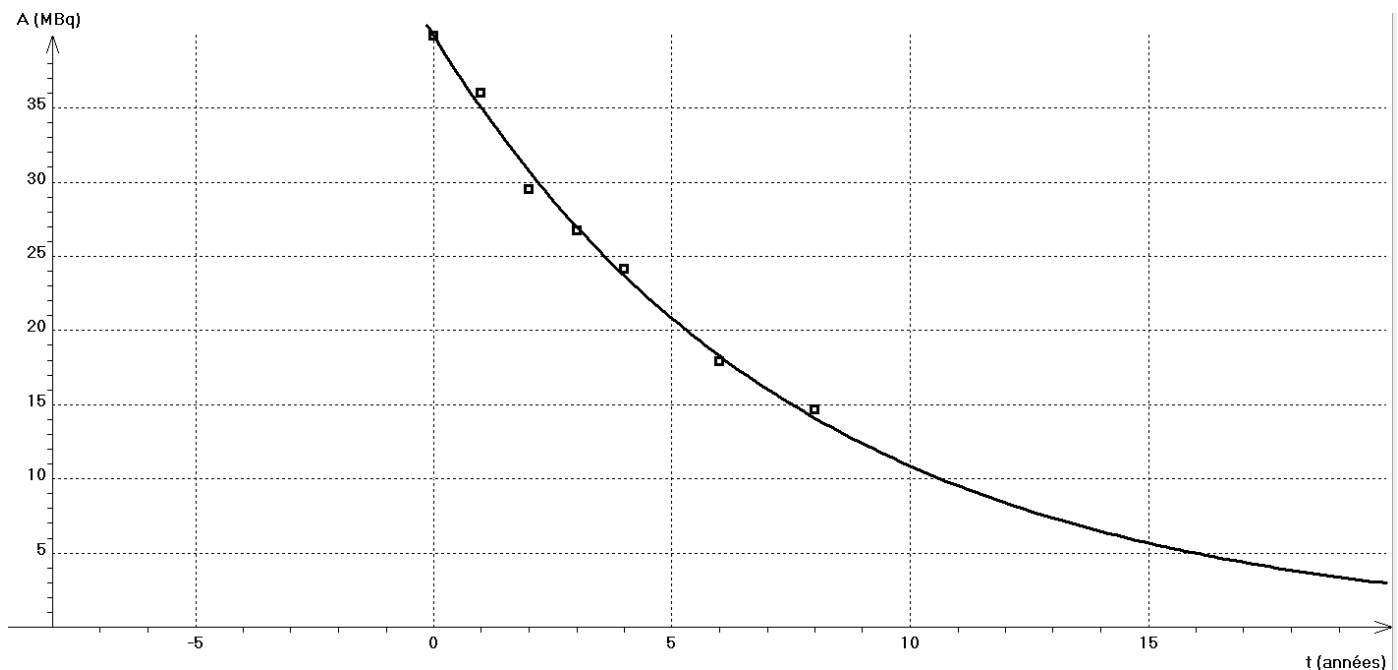
4.2. Un centre hospitalier reçoit un échantillon de "cobalt 60".

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 Les applications technologiques de la radioactivité**1) Radioactivité artificielle.**

« Frédéric et Irène Joliot-Curie observèrent en 1933 que le bombardement d'une feuille d'aluminium par des particules α pouvait donner lieu à des réactions nucléaires. L'une d'elles aboutissait à l'émission de neutrons et d'électrons positifs, qu'ils crurent d'abord être émis dans la réaction nucléaire elle-même. Cependant, les deux physiciens découvrirent en janvier 1934 que l'émission de positrons n'était pas instantanée. Le processus comportait donc deux étapes : dans la première était formé dans l'aluminium (après émission de neutrons) un isotope radioactif du phosphore qui n'existait pas dans la nature, dans la seconde, ce phosphore 30 radioactif se désintérait en silicium 30 stable par émission de positrons. Le nouveau phénomène fut appelé « radioactivité artificielle ».

D'après P.Radvanyi, Histoire de l'atome, Belin, 2007.

Dans la nature, l'isotope prépondérant de l'élément phosphore est le phosphore 31.
Substance radioactive artificielle, le phosphore 32 est utilisé en médecine nucléaire.

Il est radioactif β^- et sa demi-vie $t_{1/2}$ est égale à 14,3 jours. Il se présente sous forme d'une solution qui s'injecte par voie veineuse pour traiter la polyglobulie primitive (maladie de Vaquez). Il se fixe sélectivement sur les globules rouges (hématies), car il suit le métabolisme du fer, abondant dans ces globules, et son rayonnement détruit les hématies en excès. C'est un traitement efficace et bien toléré de cette affection.

D'après le site « dictionnaire médical »

1. Donner la représentation symbolique puis la composition du noyau de l'atome de phosphore naturel 31.
2. Le phosphore 30 est radioactif β^+ : en quoi s'agit-il d'une radioactivité « artificielle » ?
Donner sa représentation symbolique et sa composition.
3. Le noyau du phosphore 32 est composé de 15 protons et 17 neutrons.
 - 3.1. Quel est le point commun entre les noyaux des atomes de phosphore 30, 31 et 32 ?
 - 3.2. Qu'est-ce qui différencie ces trois noyaux ?
 - 3.3. Définir deux noyaux isotopes.
4. Recopier et compléter l'équation décrivant la 1^{ère} étape de l'expérience analysée par Frédéric et Irène Joliot-Curie en 1934 : $\text{Al} + \text{He} = \text{P} + {}_0^1\text{n}$
5. Écrire l'équation de désintégration radioactive du phosphore 30 qui se produit lors de la deuxième étape de cette même expérience.

2) Décroissance de l'activité.

Un patient reçoit par voie intraveineuse une solution de phosphate de sodium contenant une masse m_0 égale à $10,0 \times 10^{-9}$ g de phosphore 32, dont l'activité vaut 106 MBq.

1. Donner la définition et l'unité de l'activité.

On appelle « période radioactive » ou demi-vie $t_{1/2}$ d'un noyau radioactif, la durée au bout de laquelle l'activité d'un échantillon contenant ce noyau est divisée par deux.

2. Compléter les deux lignes du tableau suivant :

t (en jours)	t = 0	$t_{1/2} =$	$2t_{1/2} =$	$3t_{1/2} =$	$4t_{1/2} =$	$5t_{1/2} =$
A (en MBq)	106					

3. Au bout de quelle durée l'activité a-t-elle été divisée par cinq ?