



COURS PRIAMS



PHYSIQUE TSE-TSExp-STI-2022-2023



PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLEAIRE

On donne : $N = 6.10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1u = 1,66.10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $1 \text{ Ci} = 3,7.10^{10} \text{ Bq}$
 $m_\alpha = 4,0026u$; $m_p = 1,00727u$; $m_n = 1,00866u$.

Exercice 1

Le radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ a une période de 3,8 jours. Il est radioactif α .

- 1) Ecris l'équation-bilan de sa désintégration.
- 2) Calcule la constante radioactive.
- 3) On dispose d'un échantillon de 0,10 mg de radon 222. Combien y-a-t-il de noyaux radioactifs dans l'échantillon?
- 4) Quelle doit-être l'activité de l'échantillon au bout de 20 jours?

Données $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $M_{\text{Rn}} = 222 \text{ g/mol}$

Élément	Bismuth	Polonium	Astate	Radon	Francium	Radium
Symbole	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra
Z	83	84	85	86	87	88

Exercice 2

- 1) A haute altitude, l'azote $^{14}_7\text{N}$ se transforme en carbone $^{14}_6\text{C}$ sous l'effet de bombardement d'un neutron (^1_0n).
 - a) Ecris l'équation de cette réaction nucléaire.
 - b) $^{14}_6\text{C}$ est radioactif β^- . Ecris l'équation de sa désintégration.
- 2) Sachant que la période radioactive ou demi-vie du carbone 14 est 5600 années, on mesure expérimentalement l'activité radioactive $A(t)$ de ce nucléide et on aboutit aux résultats suivants :

t (années)	0	5600	11200	16800	22400	28000
Nombre de désintégrations / mn	1350	675	337	169	85	43

- a) Trace sur un papier millimétrique le graphe donnant le nombre de désintégrations par minute en fonction du temps.
- b) Les plantes vivantes assimilent le dioxyde de carbone provenant de $^{14}_6\text{C}$ ou de $^{12}_6\text{C}$. La proportion des deux isotopes est la même dans l'atmosphère et dans les végétaux. Quand la plante meurt, le processus d'assimilation s'arrête et la teneur en $^{14}_6\text{C}$ dans la plante diminue. Un échantillon de bois préhistorique provenant d'un sarcophage trouvé dans une tombe de l'Egypte ancienne, donne 197 désintégrations par minute. Un échantillon de même masse de bois récent donne 1350 désintégrations par minute. À partir de la courbe tracée précédemment en déduis l'âge du bois préhistorique.
- c) En fait, la période du carbone 14 est 5590 années. Détermine par le calcul l'âge du bois préhistorique et calcule l'incertitude absolue (c'est-à-dire la différence entre la grandeur expérimentale et la grandeur calculée).
 Échelle: 1 cm pour 1000 années et 1 cm pour 100 désintégrations /mn.

Exercice 3

En 1983 fut découverte l'épave d'un bateau ; pour valider que ce bateau date du Moyen Âge une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque. L'activité A mesuré pour cet échantillon est de 12 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Or l'activité pour 1 gramme de carbone participant au cycle du dioxyde de carbone de l'atmosphère est égale à $A_0 = 13,6$ désintégrations par minute.

- 1) Justifie la variation d'activité d'un échantillon de bois au cours du temps.
- 2) Sachant que la loi de décroissance de l'activité en fonction du temps s'écrit : $A = A_0 e^{-\lambda t}$.
 - a) Etablis l'expression du temps t en fonction des autres grandeurs physiques $A(t)$, A_0 et λ .
 - b) Calcule t .
- 3) Le temps t correspond au temps écoulé entre la date de fabrication du bateau et la date de découverte de l'épave.
 Détermine l'année de fabrication du bateau.
- 4) Le Moyen Âge s'étend de 476 à 1492 ans après Jésus-Christ ; l'hypothèse est-elle vérifiée ?

On donne la constante radioactive du carbone 14 ; $\lambda = 1,244.10^{-4} \text{ an}^{-1}$.

Exercice 4

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire. Pour vérifier la forme ou le fonctionnement de cette glande, on procède à une scintigraphie thyroïdienne en utilisant les isotopes $^{131}_{53}\text{I}$ ou $^{123}_{53}\text{I}$ de l'iode.

Pour cette scintigraphie, un patient ingère une masse $m_0 = 10^{-6}$ g de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$.

- 1) Calcule le nombre N_0 de noyaux radioactifs initialement présents dans la dose ingérée.
- 2) L'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ est radioactif β^- . Ecris l'équation de la désintégration.
- 3) La demi-vie ou la période de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ vaut $T = 8$ jours.
 - a) Etablis l'activité A à la date t en fonction de T , A_0 et t .
 - b) Calcule l'activité A_0 de l'échantillon $^{131}_{53}\text{I}$ à l'instant initial.
 - c) Calcule l'activité A à l'instant où l'examen est pratiqué, c'est à dire 5 heures après l'ingestion de l'iode radioactif $^{131}_{53}\text{I}$.

On donne : $M(^{131}_{53}\text{I}) = 131$ g/mol.

Extrait du tableau périodique : $_{51}\text{Sb}$; $_{52}\text{Te}$; $_{53}\text{I}$; $_{54}\text{Xe}$; $_{55}\text{Cs}$.

Exercice 5

Le polonium 210 est élément radioactif rare de symbole Po. Son numéro atomique est 84. Cet élément constitue une source de radiations α .

Le tableau ci-contre est un extrait de la classification périodique des éléments.

Symboles	Th	Pb	Bi	Po
N° atomiques	81	82	83	84

- 1) Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?
- 2) Quelle est la composition du noyau de Polonium 210 ?
- 3) Ecris l'équation traduisant la désintégration de ce noyau.
- 4) Soit $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de Polonium, non désintégrés à la date t .
A $t = 0$ on note N_0 le nombre de noyaux radioactifs initial. Un détecteur de radioactivité α associé à un compteur à affichage numérique permet d'effectuer les mesures regroupées dans le tableau ci desous :

T (jours)	0	40	80	120	160	200	240
N / N_0	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln(N/N_0)$							

- a) Complète la ligne 3 du tableau.
- b) Trace la courbe $f(t) = -\ln [N/N_0]$ en respectant l'échelle :
En abscisse : 1 cm représente 20 jours et en ordonnées : 1 cm représente 0,1.
- c) On rappelle la loi de décroissance du nombre de noyaux non désintégrés d'un échantillon contenant initialement N_0 noyaux : $N = N_0 e^{-\lambda t}$. Cette loi est-elle en accord avec la représentation graphique précédente ? Justifie la réponse.
- d) Calcule la pente du graphe et détermine λ constante de radioactivité caractéristique du Polonium 210.

Exercice 6

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$, noyau instable, se désintègre suivant le mode α en donnant le noyau de plomb (Pb) dans son état fondamental.

- 1) Calcule, en MeV, l'énergie de liaison par nucléon du noyau de polonium.
- 2) Ecris l'équation-bilan de la réaction de désintégration d'un noyau de polonium en précisant les lois de conservation utilisées.
- 3) Calcule en MeV, l'énergie libérée lors de cette désintégration.
- 4) La période du nucléide $^{210}_{84}\text{Po}$, est $T = 138$ jours. Un échantillon de polonium 210 a une masse initiale $m_0 = 20$ g.
 - a) Calcule le nombre N_0 de noyaux de polonium 210 correspondant.
 - b) Calcule la masse de polonium disparu au bout de 414 jours.

On donne : $m(\text{Po}) = 209,9369\mu$; $m(\text{Pb}) = 205,9296\mu$; $m(\text{He}) = 4,0015\mu$; $M(\text{Po}) = 210$ g.mol $^{-1}$.

Exercice 7

- 1) Le premier nucléide radioactif artificiel a été obtenu en bombardant des noyaux d'aluminium 27 par des particules α .
Ecris l'équation de la réaction nucléaire sachant qu'il se forme un neutron, en plus du noyau fils. Identifie ce noyau.
- 2) Ce noyau formé est radioactif β^+ . Ecris l'équation de sa réaction de sa désintégration nucléaire ; précise le nucléide formé.
- 3) Le noyau radioactif a une période de 150 s. Au bout de combien de temps 90 % des noyaux de l'échantillon initial sont-ils désintégrés ?

Eléments	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Z	11	12	13	14	15	16	17

Exercice 8

Le polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ est émetteur α de période $T = 140$ jours.

- 1) Ecris l'équation bilan de la réaction.
- 2) Quelle est en MeV l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de $^{210}_{84}\text{Po}$?
- 3) On suppose que le noyau père est initialement immobile et que l'énergie libérée apparaît sous forme d'énergie cinétique pour la particule α et pour le noyau fils.
 - a) En utilisant les lois de conservation nécessaires, détermine le rapport des énergies cinétiques.
 - b) En déduis l'énergie cinétique de la particule α .
 - c) Calcule en joule(s) l'énergie libérée par une masse de 2,1 g de $^{210}_{84}\text{Po}$ pour de 50 jours.

Nucléide X	$^{203}_{80}\text{Hg}$	$^{205}_{82}\text{Pb}$	$^{208}_{83}\text{Bi}$	$^{209}_{84}\text{Po}$
m_X	203,9735u	205,9745u	208,9804u	209,9829u

Exercice 9

Un échantillon S de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ a pour masse $m = 4 \cdot 10^{-6}$ Kg.

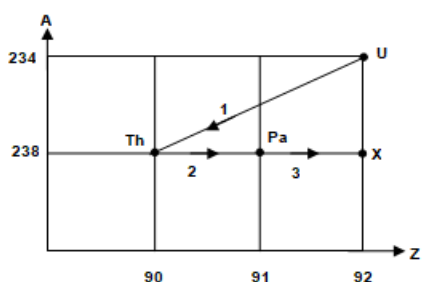
- 1) Calcule le nombre d'atomes de radium contenus dans cet échantillon.
- 2) En se désintégrant le radium émet des particules α . Ecris l'équation de la désintégration et identifie le noyau formé.

$^{208}_{84}\text{Hg}$	$^{210}_{85}\text{At}$	$^{212}_{86}\text{Rn}$	$^{214}_{87}\text{Fr}$	$^{216}_{88}\text{Ra}$	$^{218}_{89}\text{Ac}$	$^{220}_{90}\text{Th}$
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

- 3) La demi-vie ou période du radium est $T = 1600$ ans. Combien restera-t-il d'atomes de Ra dans l'échantillon S au bout de $t_1 = 1600$ ans et $t_2 = 3200$ ans (On donnera une solution graphique en utilisant une échelle convenable).
- 4) Des mesures calorimétriques ont montré qu'au cours de sa désintégration, l'échantillon S produit une énergie de 56 Joules par jour. Calcule la variation de masse correspondante.

Exercice 10

Les premiers nucléides de la famille radioactive de l'uranium sont donnés par la figure ci-dessous :



- 1) a) Ecris les équations bilans des désintégrations 1, 2 et 3.
b) Précise à chaque fois le type de désintégration que le nom nucléide X.
 - 2) Dans la désintégration 1, on constate que certaines particules ont une énergie cinétique initiale de 4,147 MeV et que les autres ont une énergie cinétique de 4,195 MeV.
 - a) Interprète ces données sachant que l'on observe simultanément l'émission d'un rayonnement $\square$ avec une énergie cinétique de 4,195 MeV.
 - b) Calcule la longueur d'onde de ce rayonnement en supposant négligeable l'énergie des noyaux de thorium.
- On donne la constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.

Exercice 11

- 1) L'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ se désintègre avec ses « descendants » en émettant des particules α ou β^- .
Calcule le nombre de désintégrations α et β^- , sachant qu'on aboutit au $^{206}_{82}\text{Pb}$.
Comment appelle-t-on l'ensemble des noyaux issus de l'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ (lui-même compris) ?
- 2) Le plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$ peut être obtenu par une désintégration α d'un noyau X avec une période $T = 138$ jours.
 - a) Ecris l'équation bilan de cette désintégration et identifie le noyau X.
 - b) Calcule en MeV puis en joule l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau X.
- 3) On part d'un échantillon de 4,2 g de X.
 - a) Calcule l'activité A_0 de cet échantillon. L'exprime en Becquerel puis en curie.
 - b) Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 69 jours ?
 - c) Quelle masse de cet échantillon se désintègre-t-il au bout de 552 jours ?

Exercice 12

Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ est un nucléide qui, à la suite de désintégrations successives de type α et β^- , conduit à un isotope stable de plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$. On obtient une famille radioactive dont les éléments sont notés dans le tableau ci-dessous :

$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{210}_{84}\text{Po}$	$^{206}_{82}\text{Pb}$
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

- 1) La première désintégration est du type α . Ecris l'équation-bilan de cette désintégration.
- 2) Détermine les nombres de désintégration du type α et du type β^- permettant de passer du noyau $^{226}_{88}\text{Ra}$ au noyau $^{206}_{82}\text{Pb}$.
- 3) On considère le radon-222 ($^{222}_{86}\text{Rn}$) comme un gaz parfait. Sa période est $T = 3,8$ jours.

Une ampoule contient $0,2 \text{ cm}^3$ de radon-222 à la pression $P = 0,1 \text{ bar}$ et à la température de 30°C .

a) Quelle est la constante radioactive du radon-222 ?

b) Calcule l'activité initiale de cette ampoule.

c) Que devient cette activité à la date $t = T$.

Données : $R = 8,32 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Exercice 13

- 1) A la suite de l'émission d'une particule α suivie d'une désintégration β^- , le noyau de l'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ donne naissance au protactinium : ^A_ZPa .

Détermine le nombre de masse et le nombre de charge du protactinium.

- 2) La constante radioactive du nucléide ^{238}U est $\lambda = 4,87 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$.

a) Donne la définition d'une période radioactive.

b) Calcule celle de l'uranium ^{238}U .

Calcule l'activité d'un gramme de ^{238}U . On l'exprimera en becquerel (Bq).

Quelle durée, en année, faut-il attendre pour voir cette activité diminuer de 1%.

Exercice 8 :

Nucléide	$^{200}_{80}\text{Hg}$	$^{205}_{82}\text{Pb}$	$^{208}_{83}\text{Bi}$	$^{209}_{84}\text{Po}$
Masse du nucléide : m_x	203,9735u	205,9745u	208,9804u	209,9829u

$m_{\alpha} = 4,0026 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$;
nombre d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- 1) L'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ se désintègre avec ses « descendants » en émettant des particules α ou β^- .

Calcule le nombre de désintégrations α ou β^- , sachant qu'on aboutit au ^{206}Pb .

Comment appelle-t-on l'ensemble des noyaux issus de l'uranium ^{238}U (lui-même compris).

- 2) Le plomb ^{206}Pb peut être obtenu par désintégration α , d'un noyau X avec une période $T = 138$ jours.

a. Ecris l'équation bilan de cette désintégration et identifie le noyau X.

b. Calcule en MeV puis en Joule l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau X.

- 3) On part d'un échantillon de $4,2 \text{ g}$ de X.

Calcule l'activité A_0 de cet échantillon. Exprime-la en Becquerel et en Curie.

a. Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 69 jours ?

b. Quelle masse de cet échantillon se désintègre-t-il au bout de 552 jours ?