

Chap 1 : Décroissance radioactive.

I) Stabilité et instabilité des noyaux :

1) Détection de la radioactivité à l'aide d'un compteur Geiger :

Expérience : Chaque particule émise par un noyau radioactif qui traverse la fenêtre du tube provoque une ionisation du gaz et ainsi l'apparition d'un micro-courant. Le compteur Geiger envoie les impulsions électriques produites par son détecteur vers un amplificateur relié à un H.P., et vers un compteur d'impulsions.

Observations :



C.R.A.B.

Sources radioactives

Interprétation :

2) Définitions :

3) Caractéristiques d'un noyau :

Le symbole du noyau d'un atome est :

Exemple : donner la composition d'un noyau d'uranium



4) Isotopes :

Définition :

Exemples : isotopes de l'hydrogène. Tableau donnant la composition des noyaux et le pourcentage des isotopes dans la nature.

symbole			
p			
n			
proportions			

Exemples : isotopes de l'oxygène. Tableau donnant la composition des noyaux et le pourcentage des isotopes dans la nature.

symbole			
p			
n			
proportions			

symbole			

Exemples : isotopes du carbone. Tableau donnant la composition des noyaux et le pourcentage des isotopes dans la nature.

p			
n			
proportions			

5) Domaines de stabilité :

Il existe environ 100 éléments : 350 sont des noyaux naturels, dont une soixantaine sont instables, 1500 sont artificiels, tous instables.

[Le document n°1](#) appelé **vallée de stabilité** est un diagramme indiquant le nombre N en fonction de Z pour tous les noyaux. La bissectrice $N = Z$ a été tracée.

a) Pour les noyaux stables : on peut les distinguer en deux catégories :

-

-

b) Pour les noyaux instables : ils sont dits **radioactifs**.

Définition :

On peut les distinguer en trois catégories :

- en bout de vallée de stabilité :

- au dessus du domaine de stabilité :

- en dessous du domaine de stabilité :

En résumé :

Remarque :

II) La radioactivité et les équations de réactions :

Une réaction nucléaire peut-être modélisée par une équation qui obéit aux lois de conservation du nombre de charges et du nombre de nucléons.

Loi de conservation du nombre de charge :

Loi de conservation du nombre de nucléons :

1) Radioactivité α :

Exemple : le noyau d'uranium 238 est émetteur de particules α . Le noyau fils obtenu est un isotope du thorium Th. Equation de la réaction :

Vérification des lois de conservation :

-
-

Equation générale de réaction nucléaire avec émission d'une particule α :

--

2) Radioactivité β^- :

Exemple : le noyau de cobalt 60 (utilisé en radiothérapie) est émetteur de particules β^- . Le noyau fils obtenu est un isotope du nickel Ni. Equation de la réaction :

Vérification des lois de conservation :

-
-

Equation générale de réaction nucléaire avec émission d'une particule β^- :

3) Radioactivité β^+ :

Exemple : le noyau de thallium 201 (utilisé en scintigraphie myocardique) est émetteur de particules β^+ . Le noyau fils obtenu est un isotope du mercure Hg. Equation de la réaction :

Vérification des lois de conservation :

-
-

Equation générale de réaction nucléaire avec émission d'une particule β^+ :

4) Désexcitation γ :

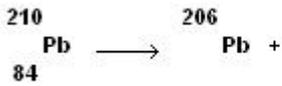
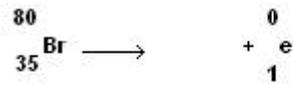
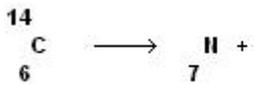
Le noyau fils formé lors d'une réaction nucléaire est généralement dans **un état excité**. Il va se désexciter en émettant un rayonnement γ , le reste ne changeant pas. Equation d'une telle réaction nucléaire :

Exemple :

- équation de désintégration du noyau de cobalt :

- équation de désexcitation du noyau fils :

5) Exercice d'application :



III) Loi de décroissance radioactive :

1) Nombre de désintégrations :

Soit un échantillon de noyaux radioactifs. (Exemple : 1 gramme d'uranium 238). On note :

No = nombre de noyaux présents à la date choisie comme date initiale t = 0.

N = nombre de noyaux présents à la date t (c'est à dire non désintégrés). N est forcément plus que No.

N' = nombre de noyaux présents à la date (t + Δt).

Exprimer la variation du nombre de noyaux présents ΔN en fonction des notations précédentes. Quel est son signe?

A quoi ce nombre est-il proportionnel?

On en déduit l'expression littérale de ΔN :

	Signification des lettres et unités :
--	---------------------------------------

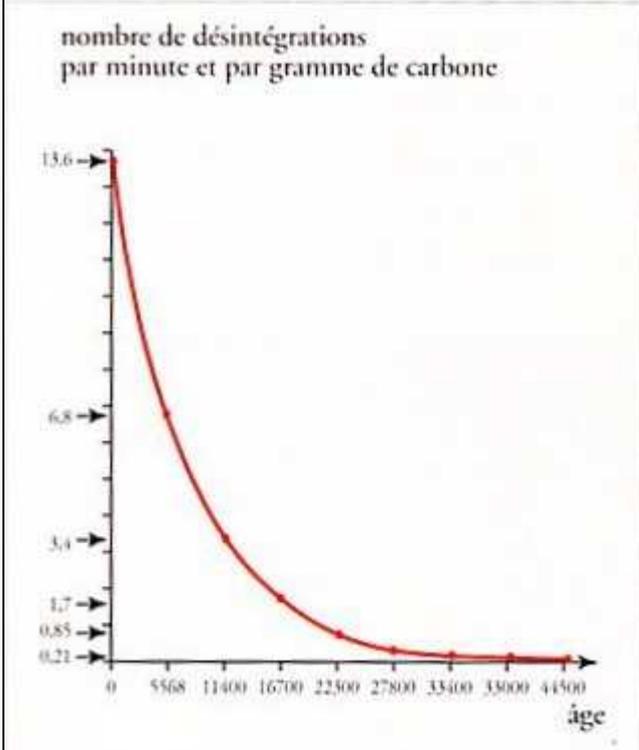
Détermination de l'unité de λ par une analyse dimensionnelle :

Autre caractéristique d'un noyau :

Remarque :

Les compteurs mesurent le nombre de particules qui arrivent sur le détecteur pendant une durée Δt . Mais le détecteur a une fenêtre d'entrée limitée et une efficacité inférieure à 100 %. Les mesures n'indiquent donc pas le nombre total de noyaux adioactifs à un instant donné. Mais on fait l'hypothèse que le nombre de désintégrations mesuré est proportionnel au nombre total de désintégrations.

2) Loi de décroissance :

Tracé du nombre de désintégrations par minute et par gramme d'un échantillon au cours du temps.	Observations																				
 <table border="1"><caption>Data points from the decay graph</caption><thead><tr><th>Age (years)</th><th>Disintegrations per minute per gram</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>13.6</td></tr><tr><td>5568</td><td>6.8</td></tr><tr><td>11136</td><td>3.4</td></tr><tr><td>16704</td><td>1.7</td></tr><tr><td>22272</td><td>0.85</td></tr><tr><td>27840</td><td>0.425</td></tr><tr><td>33408</td><td>0.2125</td></tr><tr><td>38976</td><td>0.10625</td></tr><tr><td>44544</td><td>0.053125</td></tr></tbody></table>	Age (years)	Disintegrations per minute per gram	0	13.6	5568	6.8	11136	3.4	16704	1.7	22272	0.85	27840	0.425	33408	0.2125	38976	0.10625	44544	0.053125	
Age (years)	Disintegrations per minute per gram																				
0	13.6																				
5568	6.8																				
11136	3.4																				
16704	1.7																				
22272	0.85																				
27840	0.425																				
33408	0.2125																				
38976	0.10625																				
44544	0.053125																				

Loi de décroissance radioactive :

Remarque :

3) Demi-vie:

Définition :

Compléter le tableau suivant :

Date	Nombre moyen de noyaux radioactifs	Loi de décroissance radioactive
t		
t + t _{1/2}		

En déduire l'expression de t_{1/2} en fonction de λ :

Remarque :

noyau radioactif	demi-vie t _{1/2}
uranium 238	4,5 . 10 ⁹ ans
carbone 14	5600 ans
radium	1620 ans
césium137	30 ans

Conclusion :

iode 131	8,1 jours
polonium212	$3 \cdot 10^{-7}$ s

4) Vieillessement d'un noyau radioactif :

Prenons un échantillon de N_0 noyaux radioactifs de Césium 137, dont la demi-vie est de 30 ans.

- A la date $t = 0$, il y a N_0 noyaux présents dans l'échantillon.
- A la date $t_{1/2}$ il y en a :
- A une date $t > t_{1/2}$, la probabilité pour qu'un noyau se désintègre est

Est-ce que pour l'Homme, la probabilité de disparaître entre $[0;30\text{ans}]$ est la même qu'entre $[30;60\text{ans}]$?
Conclure.

IV) Activité d'une source et effets biologiques :

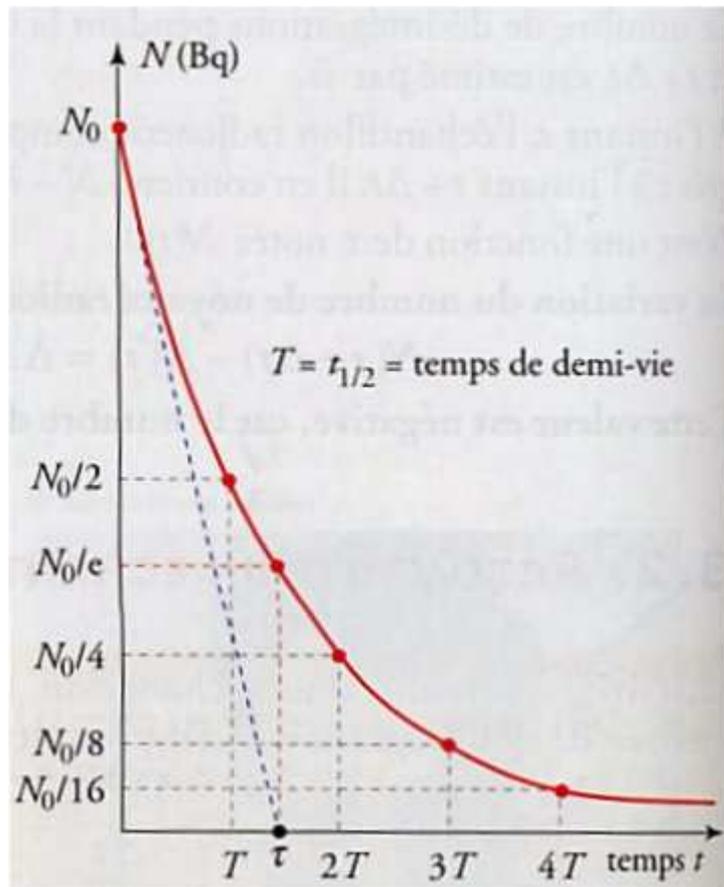
1) Activité d'une source :

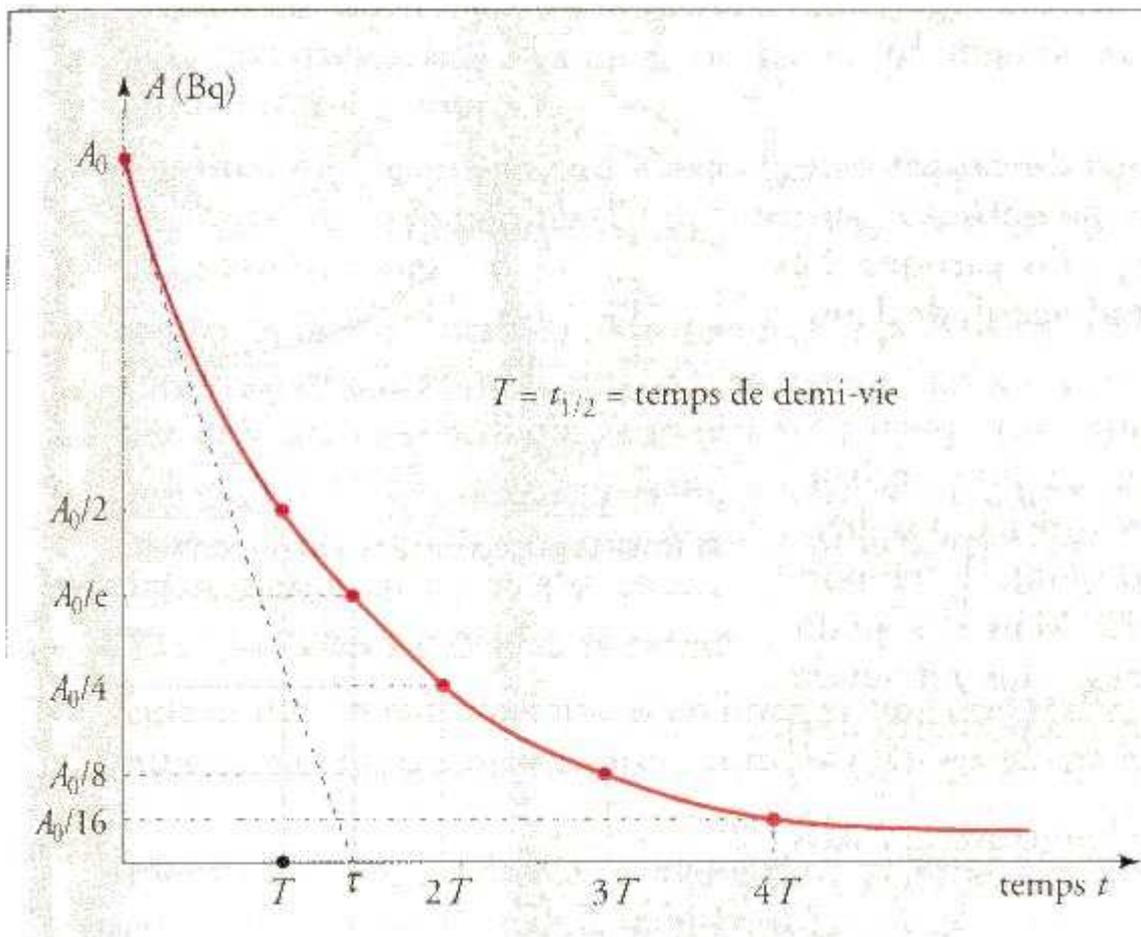
Définition :

Remarque :

Source	Activité (Bq)
1 L d'eau minérale	10
1 kg de granit	1 000
1 homme de 70 kg	10 000
50 kg d'engrais phosphaté	100 000
scintigraphie thyroïdienne	$3,7 \cdot 10^7$
1 g de plutonium	$2 \cdot 10^9$

Trouver une relation entre A et A_0 , l'activité de la source à la date $t = 0$.





2) Effets biologiques et rayonnement :

L'action sur les tissus dépend de plusieurs paramètres :

- du nombre de particules reçues par seconde, de la distance à la source et du milieu plus ou moins absorbant de propagation du rayonnement.
- de l'énergie et de la nature de chaque particule.
- du fractionnement de la dose reçue.
- de la nature des tissus touchés.

En médecine, les radiations ionisantes délivrées à haute dose, peuvent détruire les cellules tumorales et permettent de lutter contre le cancer. Mais il faut localiser avec précision les tumeurs. Il s'agit de la **radiothérapie**.

La **scintigraphie** est une technique d'exploration inoffensive pour l'organisme. Cela consiste à injecter un produit radioactif (=marqueur) et à suivre son trajet.

L'irradiation est aussi utilisée pour détruire les microorganismes (champignons, bactéries...) des aliments.

V) Datation :

Rappeler la loi de décroissance radioactive :

Le principe de la datation est d'utiliser un échantillon comme horloge pour lui demander de nous donner une date t .

Isoler dans la relation précédente la date t :

Conclusion : pour déterminer la date t il faut connaître :

-
-
-

Datation au carbone 14 :

La méthode repose sur deux hypothèses :

- La teneur en carbone 14 des matières carbonées actuelles est très proche de celle des matières carbonées qui constituaient les organismes vivant autrefois.
- La répartition du carbone 14 est homogène dans l'atmosphère. De ce fait on connaît donc la composition initiale de n'importe quel échantillon.

Exemple :

La mesure de la radioactivité du carbone 14 dans des bois carbonisés suite à une éruption volcanique dans le Massif Central donne en moyenne 4,8 désintégrations par gramme et par minute (dpm) alors qu'un bois vivant donne 13,4 dpm en moyenne. Evaluer la date de l'éruption volcanique.

Constante radioactive du carbone 14 : $\lambda = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ année}^{-1}$.

Remarque :

L'âge de l'échantillon à dater doit être en rapport avec le temps de demi-vie du noyau radioactif, sinon les noyaux radioactifs peuvent être tous désintégrés.

Pour déterminer l'âge de roches anciennes, on utilise **l'uranium 238** (demi-vie 4,47 milliards d'années), qui donne finalement du **plomb 206 stable**.

Pour déterminer l'âge de la Terre (environ 4,55 milliards d'années) on utilise le **rubidium 87** (période de 48,9 milliards d'années), qui se désintègre finalement en **strontium 87 stable**.