

1 Radioactivité naturelle et artificielle

1) Noyaux isotopes

Définition : Des noyaux sont appelés **isotopes** s'ils ont **même numéro atomique Z** mais des **nombre de nucléons A différents**. Autrement dit, des noyaux isotopes ne diffèrent que par leur nombre de neutrons et appartiennent au même élément.

L'abondance naturelle est le pourcentage en masse de chacun des isotopes dans le mélange naturel d'un élément. Ce pourcentage est quasiment constant quelle que soit l'origine géographique de cet élément.

Sur Terre, on trouve 94 éléments, dits naturels, auxquels correspondent environ 350 noyaux différents. Les éléments naturels sont ainsi, en grande majorité, constitués d'un mélange d'isotopes.

J'ai compris, je m'exerce : Compléter le tableau suivant :

	Isotopes de l'hydrogène			Isotopes de l'uranium U		Isotopes du carbone		
Symbole		${}^2_1\text{H}$		${}^{238}_{92}\text{U}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{12}_6\text{C}$	${}^6_6\text{C}$	${}^{14}_6\text{C}$
Nombre de protons	1							
Nombre de neutrons	0		2				7	
Abondance naturelle	99,985 %	0,015 %	Traces	99,3 %	0,7 %	98,89 %	1,11 %	Traces

2) Définition de la radioactivité

C'est la **transformation** (ou désintégration) **spontanée** d'un **noyau instable** (le noyau père) en un **autre noyau** (le noyau fils). Cette transformation est **accompagnée de l'émission de particules et/ou de l'émission d'un rayonnement gamma γ** .

- On appelle **noyaux radioactifs** ou **radionucléides** des noyaux qui se désintègrent spontanément.
- Ces transformations spontanées qui mettent en jeu des noyaux sont appelées **réactions nucléaires spontanées**.

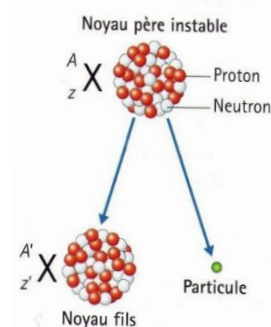
Remarque : La fission et la fusion sont des **réactions nucléaires forcées** (voir chapitre 14).

La radioactivité est un phénomène :

- aléatoire** : il est impossible de prévoir l'instant de la désintégration d'un noyau donné ;
- spontané** : les désintégrations se déclenchent seules, sans aucune intervention extérieure ;
- ineluctable** : un noyau instable se désintégrera tôt ou tard ;
- indépendant de la combinaison chimique, de la pression et de la température** dans laquelle est engagé le noyau radioactif contrairement aux réactions chimiques.

On a pour habitude de distinguer deux types de noyaux radioactifs :

- Les noyaux radioactifs qui existent **naturellement** ; ils n'ont pas une très grande activité ;
- Les noyaux radioactifs créés par l'Homme (= **artificiels**) au sein des réacteurs nucléaires ; ils ont une très grande activité et une demi-vie très élevée ;



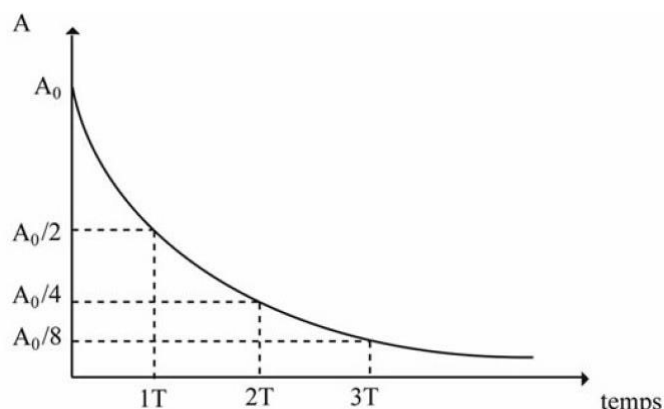
3) Activité d'un échantillon radioactif

L'activité A d'un échantillon radioactif à l'instant t est le nombre moyen de désintégrations par seconde dans cet échantillon. Elle s'exprime en Becquerel (Bq).

On a : $1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration} \cdot \text{s}^{-1}$.

Remarques :

- L'activité A décroît avec le temps de manière exponentielle.
- L'activité A dépend de la nature des noyaux radioactifs et de leur quantité dans l'échantillon.



Quelques ordres de grandeur de niveaux d'activité auxquels l'homme est soumis

La radioactivité naturelle		La radioactivité artificielle utilisée en médecine		La radioactivité artificielle des déchets radioactifs	
Eau de pluie	0,3 à 1 Bq par litre (uranium, radium)	Scintigraphie thyroïdienne	$37 \times 10^6 \text{ Bq}$ (technétium 99 métastable)	Matériaux issus de sites industriels démantelés (béton, ferrailles...)	1 à 100 Bq par gramme
Eau de mer	13 Bq par litre (potassium 40, traces d'uranium et de tritium)	Scintigraphie osseuse	$550 \times 10^6 \text{ Bq}$ (technétium 99 métastable)	Blouses, gants, bottes, seringues, flacons issus de l'industrie nucléaire, des hôpitaux...	Quelques dizaines de milliers de becquerels par cm^3
Terre	500 à 5 000 Bq par kg selon les terrains (uranium, thorium et leurs descendants, potassium 40)	Scintigraphie myocardique	$74 \times 10^6 \text{ Bq}$ (thallium 206)	« Cendres » de la combustion nucléaire, outils issus des ateliers de retraitement...	Plusieurs milliards de becquerels par cm^3
Pomme de terre	150 Bq par kg (potassium 40)				
Lait	80 Bq par litre (potassium 40)				
Homme	130 Bq par kg (potassium 40, carbone 14)				

J'ai compris, je m'exerce : Répondre aux questions

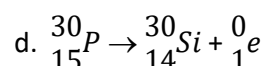
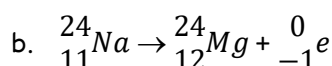
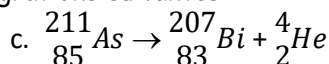
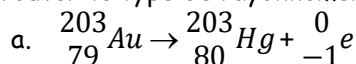
- 1) Donner le nombre de désintégrations par seconde chez un homme de 70 kg.
- 2) Quelle est l'activité d'un pack de 6 bouteilles d'1L de lait ?
- 3) Citer 2 noyaux radioactifs que l'on trouve à l'état naturel :
- 4) Citer 2 noyaux radioactifs utilisés en médecine :

2 Rayonnement radioactif de type alpha, bêta, gamma

Rayonnement alpha α	Rayonnement bêta β		Rayonnement gamma γ
Particule émise :	Particule « bêta moins » β^- émise :	Particule « bêta plus » β^+ émise :	rayonnement électromagnétique de très grande énergie
noyau d'hélium 4 noté ${}^4_2\text{He}$	électron noté ${}^0_{-1}e$	positon noté 0_1e (anti-électron)	Emission d'un photon γ : $E_\gamma = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$
arrêté par une feuille de papier ou quelques cm d'air	arrêté par une feuille d'aluminium de quelques mm d'épaisseur		arrêté par 1 m de plomb ou de béton

J'ai compris, je m'exerce :

- 1) Trouver le type de rayonnement radioactif des désintégrations suivantes :



<http://bit.ly/ANIMradioact>

2) En comparant le nombre de nucléons A entre le noyau père (à gauche) et le noyau fils avec la particule émise (à droite) que constate-t-on ?

3) Même question avec le numéro atomique ou nombre de protons Z.

A RETENIR : Au cours d'une désintégration nucléaire, il y a du nombre de nucléons A d'une part et du nombre de protons Z d'autre part.

4) En appliquant ce principe : compléter les équations de désintégration suivantes et préciser le type de particule émise :

Rayonnement β^+ : $\dots \rightarrow {}^{15}_{\dots}N + \dots$

Rayonnement β^- : ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{\dots}\text{Ni} + \dots$

Rayonnement β^- : $\dots \rightarrow {}^{14}_{\dots}N + \dots$

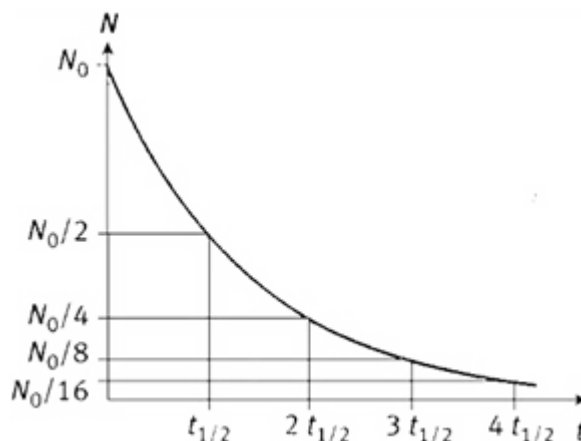
Rayonnement α : ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\dots + \dots$

3 Loi de décroissance radioactive et demi-vie

Loi de décroissance radioactive d'un échantillon

- Soit N_0 le nombre moyen de noyaux radioactifs non désintégrés et présents à la date $t = 0$ dans un échantillon.
- Soit N , le nombre moyen de noyaux radioactifs non désintégrés et présents à une date t dans un échantillon.
- Toutes les expériences conduites en laboratoire montrent que le nombre moyen N décroît avec le temps de manière exponentielle, c'est la décroissance radioactive.

$$N(t) = N_0 \times e^{-t/\tau}$$



La demi-vie (ou période) radioactive

On appelle **demi-vie radioactive** ou encore **période radioactive**, notée $t_{1/2}$ ou T , la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon s'est désintégrée. La demi-vie radioactive ne dépend que de la nature du noyau radioactif.

$$N(t_{1/2}) = N_0/2$$

ATTENTION : La demi-vie ne correspond pas du tout à la moitié de la durée de vie de l'échantillon !

Exemples de valeurs :

Noyau radioactif	Uranium 238	Potassium 40	Uranium 235	Plutonium 242	Carbone 14	Césium 137	Cobalt 60	Iode 131	Thallium 210	Polonium 212
$t_{1/2}$	$4,4 \cdot 10^9$ ans	$1,2 \cdot 10^9$ ans	$7,0 \cdot 10^8$ ans	$3,7 \cdot 10^5$ ans	5600 ans	30 ans	5 ans	8 jours	2 min	$0,3 \mu\text{s}$

Si à la date $t = 0$, on a en moyenne N_0 radionucléides (voir ci-dessus) :

- à la date $t = t_{1/2}$, il reste en moyenne $N = N_0 / 2$ radionucléides non désintégrés ;
- à la date $t = 2 t_{1/2}$, il reste en moyenne $N = N_0 / 4$ radionucléides non désintégrés ;
- à la date $t = 3 t_{1/2}$, il reste en moyenne $N = N_0 / 8$ radionucléides non désintégrés ;
- à la date $t = n t_{1/2}$, il reste en moyenne $N = N_0 / 2^n$ radionucléides non désintégrés.