

Qu'est-ce que la radioactivité ?

G1

Les atomes qui nous entourent sont composés d'un noyau central autour duquel gravitent des électrons.

Lorsque le noyau est instable, pour atteindre un niveau de plus grand équilibre, il se transforme spontanément en émettant des rayonnements très énergétiques.

Ce phénomène est appelé radioactivité.

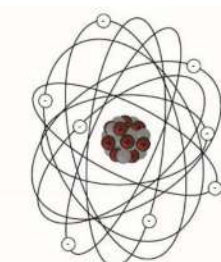
Composition des atomes

Le **noyau** contient la quasi-totalité de la masse de l'atome. Les particules qui le composent sont appelées **nucléons**. On distingue les **protons** qui portent une charge positive et les **neutrons** qui sont électriquement neutres. Protons et neutrons ont une masse quasiment identique. La cohésion du noyau est assurée par les **forces nucléaires** qui s'opposent à la répulsion électrique entre protons.

Les **électrons** ont une masse 1 840 fois inférieure à celle des nucléons. Ils portent une charge négative et « gravitent » selon des orbites précisément définies.

Dans son état normal, l'atome est électriquement neutre car le nombre d'électrons (-) est égal au nombre de protons (+). La **force électromagnétique** assure la cohésion de l'atome (les électrons chargés négativement sont attirés par le noyau de charge positive).

Représentation schématique d'un atome



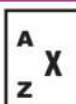
Légende :
○ e- : électron ● proton ■ neutron

Le nombre de protons présents dans le noyau détermine la nature de l'élément chimique :

1 proton = hydrogène (H) ;
2 protons = hélium (He) ;
55 protons = césium (Cs) ;
92 protons = uranium

Le diamètre de l'atome est de l'ordre de 0,0000001 mm.

Le schéma ci-contre n'est pas à l'échelle : le noyau ne représente que le 1/100 000^{ème} du volume de l'atome (on peut imaginer une bille d'1 cm de diamètre au centre d'un terrain de 1 000 mètres de diamètre)



X : symbole de l'élément (H = hydrogène).
Z : nombre de protons = numéro atomique
A : nombre de nucléons = nombre de masse
Exemple : l'uranium 238 (238 nucléons, 92 protons et 146 neutrons.)



Les atomes qui ont le même nombre de protons mais qui diffèrent par le nombre de neutrons sont dits **isotopes** (ils occupent la même place dans le tableau de Mendeleïev).

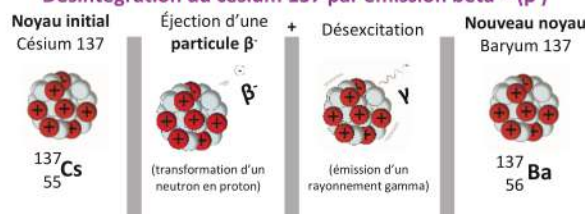
Désintégrations alpha, bêta

La transformation des atomes instables (ou radioactifs) est appelée désintégration. Elle peut se faire principalement¹ soit par émission d'une particule alpha (exemple de l'uranium 238 ci-dessous), soit par émission d'une particule bêta² (exemple du césium 137 ci-dessous).

Désintégration de l'uranium 238 par émission alpha (α)



Désintégration du césium 137 par émission bêta - (β⁻)



Le nouveau noyau formé à l'issue de la désintégration comporte souvent un surcroît d'énergie dont il se débarrasse en émettant des **rayonnements électromagnétiques gamma** (émis par le noyau) ou **X** (énergie du noyau transmise directement à un électron).

Chimiques ou nucléaires ?

Énergie **nucléaire**, centrales **nucléaires**, radionucléides... les réactions **nucléaires** intéressent le **noyau** des atomes : fission d'un noyau en 2 fragments, ou au contraire fusion de 2 noyaux en un seul, modification de la composition du noyau par transformation d'un neutron en proton (ou inversement), etc...

A contrario, les réactions chimiques ne concernent que le cortège électronique, les liaisons entre atomes au niveau des électrons les plus périphériques. Alors qu'il n'existe qu'un nombre limité d'éléments et de nucléides, on trouve des

¹ Il s'agit des modes de désintégration les plus courants mais il en existe d'autres.

² Il s'agit le plus souvent d'une émission d'électrons (particule β⁻) mais certaines substances radioactives se désintègrent par émission d'une particule d'antimatière, le positon (particule β⁺).

millions de molécules différentes, des plus simples, comme la molécule d'eau composée de 2 atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H_2O), aux plus complexes comme la molécule d'ADN qui contient toute l'identité génétique d'une personne et est formée de milliards d'atomes.

Les énergies mises en jeu au cours des réactions nucléaires sont considérablement supérieures à celles qui concernent les réactions chimiques (souvent de l'ordre d'1 million de fois supérieures ou plus).

Les principaux rayonnements ionisants

Les désintégrations d'atomes radioactifs s'accompagnent de l'émission de rayonnements **ionisants**, c'est-à-dire suffisamment énergétiques pour produire des **ions** (atomes ou molécules chargés électriquement), en ajoutant ou en enlevant des électrons lors de leur passage à travers la matière.

Les effets de ces rayonnements (radiations) sur les êtres vivants dépendent de la manière dont ils déposent leur énergie dans les tissus (la dose).

Cette notion est abordée dans la fiche G2.

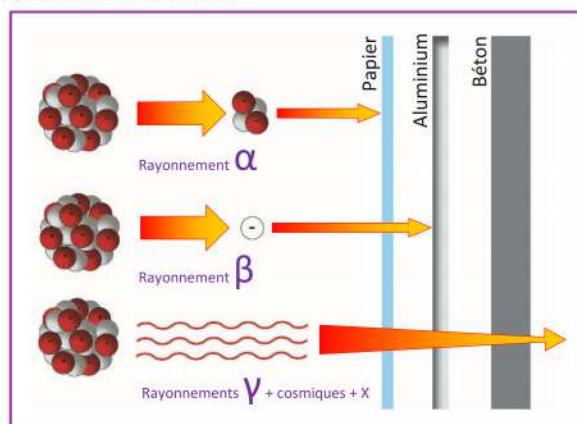
Une particule **alpha** (α) est un noyau d'hélium. Lourde et dotée de deux charges électriques, elle sera vite arrêtée, par quelques centimètres d'air et quelques centièmes de millimètres d'eau.

Une particule **bêta moins** (β^-) est un électron. 7 800 fois plus légère que la particule alpha, et dotée d'une seule charge électrique, elle interagit moins avec la matière qu'elle traverse

et peut de ce fait aller plus loin (quelques mètres dans l'air, quelques millimètres voire quelques centimètres dans l'eau).

Un rayonnement **gamma** (γ) est un rayonnement électromagnétique. Il n'a ni masse ni charge électrique. Il est de même nature que la lumière mais de 10 000 à plusieurs millions de fois plus énergétique.

La capacité des différents types de rayonnements à traverser la matière est illustrée par le schéma ci-dessous. Une particule alpha est totalement arrêtée par une feuille de papier. Une particule bêta peut traverser une feuille de papier mais est arrêtée par une feuille d'aluminium suffisamment épaisse. Un rayonnement gamma suffisamment énergétique pourra traverser même du béton.



La notion de période physique

Les atomes radioactifs se désintègrent plus ou moins rapidement. On appelle période radioactive, période physique ou demi-vie, le temps au bout duquel la moitié des atomes s'est désintégrée. Cette notion est illustrée dans l'encadré ci-dessous.

L'évolution dans le temps

La période radioactive d'un radionucléide est le temps au bout duquel la moitié des atomes initialement présents s'est désintégrée.

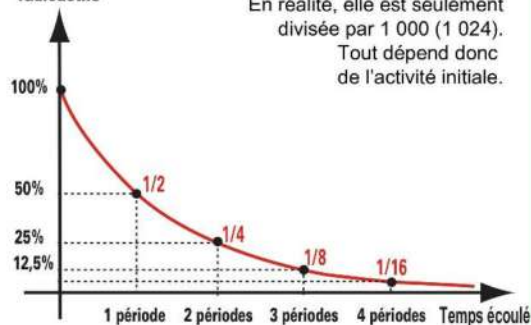
Cette durée est très différente selon les radionucléides :

- 8 jours pour l'iode 131 ;
- 30 ans pour le césium 137 ;
- 1 600 ans pour le radium 226 ;
- 24 000 ans pour le plutonium 239 ;
- 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238.

La constante radioactive λ est la probabilité qu'à chaque noyau instable de se désintégrer pendant un intervalle de temps de 1 seconde. Elle est caractéristique de chaque radionucléide. Plus la probabilité est élevée, plus l'activité spécifique est élevée et plus la période radioactive est courte.

Exemple : 1 noyau de radium 226 a, à chaque seconde, une chance sur un milliard de se désintégrer. Si l'on considère un grand nombre d'atomes de radium 226, il faut 1 600 ans pour que la moitié des atomes présents se soit désintégrée. L'activité spécifique d'1 gramme de radium 226 = 37 000 000 000 Bq

Nombre de noyaux radioactifs



Attention il est souvent écrit que la radioactivité disparaît au bout de 10 périodes. En réalité, elle est seulement divisée par 1 000 (1 024). Tout dépend donc de l'activité initiale.

	Radioactivité initiale	Après 1 période	Après 2 périodes	Après 3 périodes
	64 Bq	32 Bq	16 Bq	8 Bq
Iode 131	-	8 jours	16 jours	24 jours
Césium 137	-	30 ans	60 ans	90 ans
Radium 226	-	1 600 ans	3 200 ans	4 800 ans