

SEPARATION OU TRI RADIOMETRIQUE

Généralité sur la radioactivité

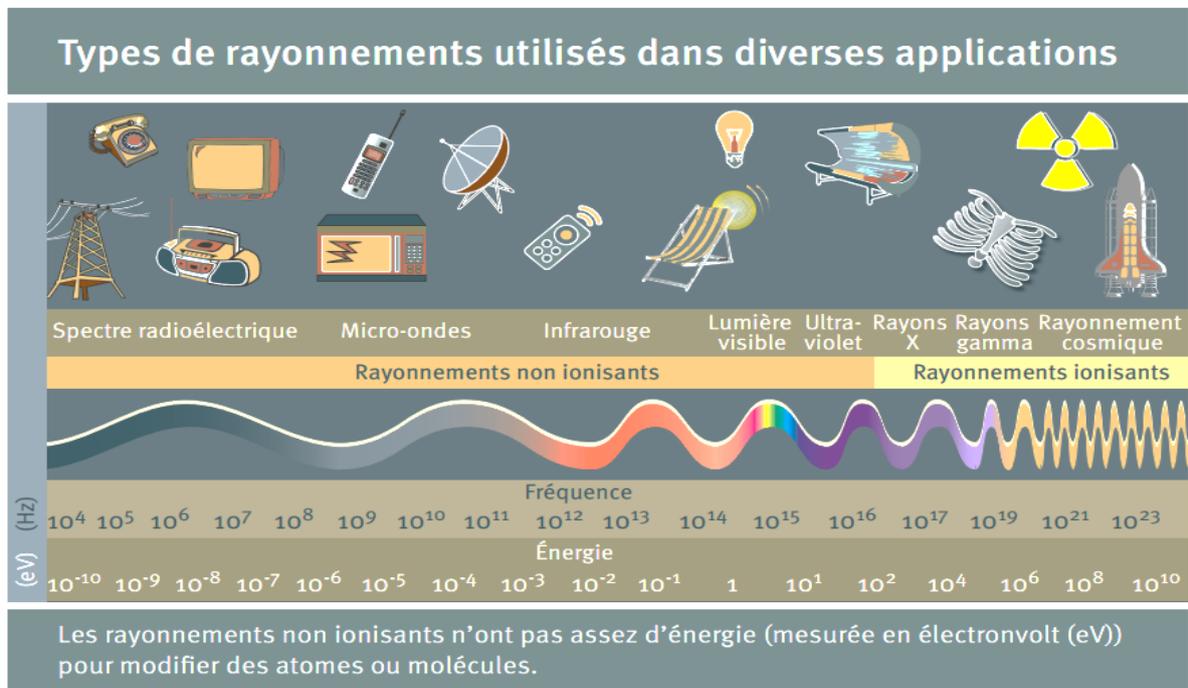
La radioactivité est un [phénomène physique](#) de stabilisation de [noyaux atomiques](#) instables (dits radio-nucléides ou [radio-isotopes](#)), au cours duquel, à tout instant, une fraction fixe et caractéristique des noyaux présents se transforme spontanément en d'autres atomes ([désintégration](#)), en émettant simultanément des particules matérielles (électron, noyau d'hélium, neutron...) et de l'[énergie](#) (photons et énergie cinétique). L'émission de particules matérielles et immatérielles est appelée rayonnement, et l'énergie des particules est suffisante pour entraîner l'ionisation de la matière traversée, d'où le nom de [rayonnements ionisants](#), on distingue traditionnellement les rayons α (constitués de [particules \$\alpha\$](#)), les rayons β (constitués de [particules \$\beta\$](#)) et les [rayons \$\gamma\$](#) (constitués de [photons](#)), auxquels il faut ajouter les [neutrons](#) qui dérivent des fissions spontanées. La radioactivité alpha (ou rayonnement alpha, symbolisé α) est le rayonnement provoqué par la désintégration alpha, soit la forme de désintégration radioactive où un noyau atomique éjecte une particule alpha et se transforme en un noyau de nombre de masse diminué de 4 et de numéro atomique diminué de 2.

Ce phénomène fut découvert en [1896](#) par [Henri Becquerel](#) sur l'[uranium](#) et très vite confirmé par [Marie Curie](#) pour le [radium](#). Les effets d'une exposition (ou [irradiation](#)) aux rayonnements ionisants sur un organisme vivant dépendent du niveau et de la durée d'exposition (aiguë ou chronique), de la nature du [rayonnement](#) ainsi que de la localisation de la radioactivité (exposition externe, interne, en surface...).

Les rayonnements provenant de substances radioactives sont largement utilisés dans l'industrie pour le contrôle de pièces manufacturées, les soudures, l'usure, et en médecine nucléaire à des fins de diagnostic à faible dose, et à des fins thérapeutiques à forte dose pour soigner les cancers. Lors des différents usages de la radioactivité, il convient naturellement de suivre les mesures de [prévention](#), de protection et de contrôle adaptées au niveau de radioactivité utilisée.

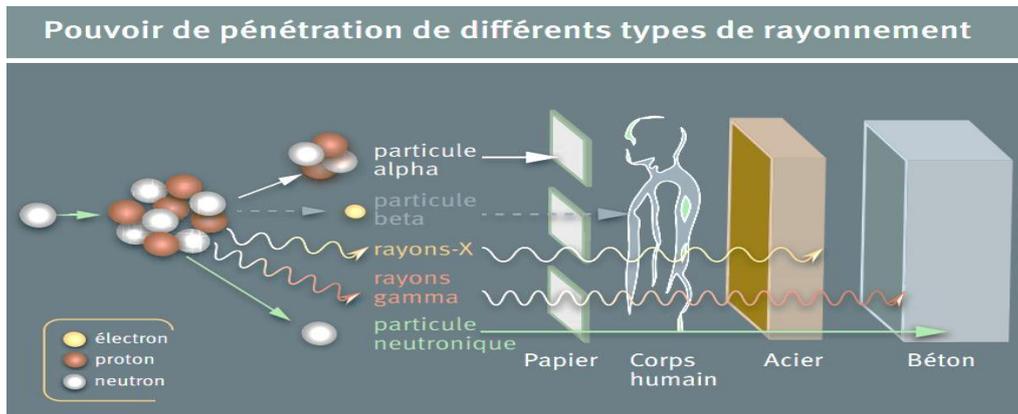
Avant de commencer, il nous faut faire une distinction entre rayonnement ionisant et non ionisant. Le rayonnement ionisant possède assez d'énergie pour libérer des électrons d'un atome, produisant ainsi un atome chargé, alors que le rayonnement non ionisant, tel que les ondes radio, la lumière visible ou l'ultraviolet, ne le peuvent pas. Dans ce cours, le terme rayonnement ou radiation ne se réfère qu'au rayonnement ionisant.

Qu'est-ce que la radiation?



Afin d'être capable de parler des niveaux, des effets et des risques de l'exposition aux rayonnements, nous devons d'abord aborder les bases de la science des rayonnements. L'activité et la radiation qu'elle produit existaient sur la Terre bien avant l'émergence de la vie. En réalité, elles étaient présentes dans l'espace dès le

début de l'univers et les matières radio actives faisaient partie de la terre dès sa formation. Toutefois, l'humanité n'a découvert ce phénomène universel élémentaire que dans les dernières années du dix-neuvième siècle et nous étudions toujours de nouvelles manières de l'utiliser.

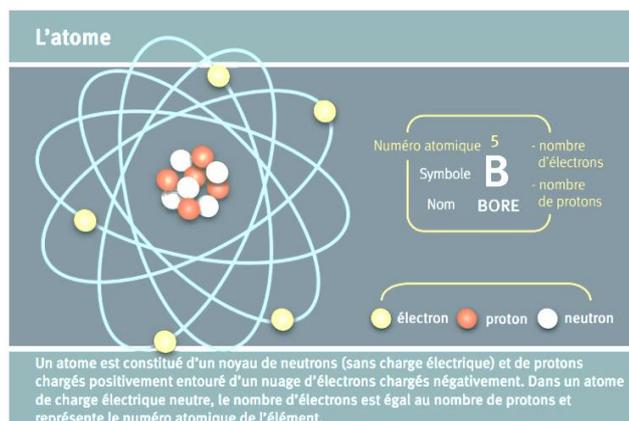


Un peu d'histoire

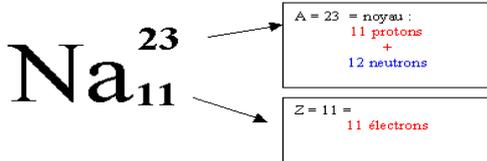
En 1895, Wilhelm Conrad Roentgen, physicien allemand, découvre un rayonnement, qu'il nomme rayons X et qui peut être utilisé pour voir à l'intérieur du corps humain. Cette découverte annonce l'utilisation médicale de la radiation, utilisation qui s'est développée sans interruption depuis. Roentgen reçoit le premier prix Nobel de physique en 1901 en reconnaissance des services extraordinaires qu'il a rendus à l'humanité. Une année après la découverte de Roentgen, Henri Becquerel, un scientifique français, place des plaques photographiques dans un tiroir avec des fragments d'un minerai contenant de l'uranium. Quand il les développe, il constate à sa grande surprise qu'elles ont été irradiées. Ce phénomène est appelé radioactivité; il intervient quand de l'énergie est émise spontanément par un atome et est mesuré aujourd'hui dans l'unité appelée becquerel (Bq) en hommage à Henri Becquerel. Peu après, une jeune chimiste, Marie Skłodowska-Curie, poursuit la recherche et est la première à forger le terme radioactivité. En 1898, elle et son mari Pierre Curie découvrent que l'uranium émet des rayonnements en se transformant mystérieusement en d'autres éléments. Ils appellent l'un d'entre eux polonium en hommage à la patrie de Marie Curie et un autre radium, l'élément « irradiant ». Marie Curie partage le prix Nobel de physique en 1903 avec Pierre Curie et Henri Becquerel. Elle est la première femme à recevoir le prix Nobel une seconde fois en 1911 pour ses découvertes en chimie des radiations.



Wilhelm C. Roentgen (1845–1923) Marie Curie (1867–1934) Henri Becquerel (1852–1908)



Symbole de L'atome de Sodium :



Nombre d'électrons = Nombre de protons

Donc le sodium a : 11 électrons 11 protons et 12 neutrons

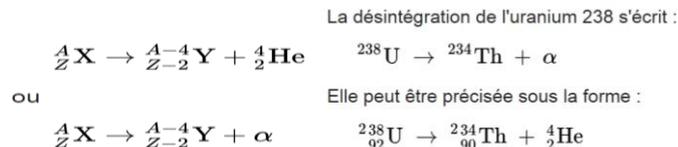
A = 23

Quelques principes

La quête des scientifiques était de comprendre l'atome et, plus particulièrement, sa structure. Nous savons maintenant que les atomes possèdent un minuscule noyau chargé positivement et entouré d'un nuage d'électrons chargés négativement. La taille du noyau est d'environ un cent-millième de celle de l'atome, mais il possède une telle densité qu'il constitue presque la totalité de la masse de l'atome. Le noyau est généralement constitué d'un amas de particules, des protons et des neutrons, accrochés très solidement les uns aux autres. Les protons possèdent une charge électrique positive alors que les neutrons n'ont pas de charge. Les éléments chimiques sont caractérisés par le nombre de protons dans leurs atomes (p. ex. l'atome de Bore possède 5 protons et celui d'Uranium 92). Les éléments possédant le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons sont appelés des isotopes (p. ex. la différence entre l'uranium-235 et l'uranium-238 est de trois neutrons dans leurs noyaux). Un atome dans son ensemble n'est normalement ni positivement ni négativement chargé parce qu'il possède le même nombre d'électrons chargés négativement que de protons chargés positivement.

Certains atomes sont naturellement stables alors que d'autres sont instables. Les atomes possédant un noyau instable, qui se transforme spontanément et libère de l'énergie sous forme de rayonnement, sont appelés radionucléides. Cette énergie peut interagir avec d'autres atomes et les ioniser. L'ionisation est un processus au cours duquel les atomes deviennent positifs ou négatifs en gagnant ou en perdant des électrons. Le rayonnement ionisant transporte assez d'énergie pour expulser des électrons de leur orbite, produisant ainsi des atomes chargés appelés ions. L'émission de deux protons et de deux neutrons est nommée une désintégration alpha et l'émission d'électrons une désintégration bêta. Souvent le nucléide instable sera si énergétique que l'émission de particules ne sera pas suffisante pour le calmer. Il émet alors un vigoureux (forte) jaillissement (تدفق débordement) d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques, photons appelés rayons gamma.

La désintégration alpha peut être vue comme une forme de fission nucléaire où le noyau père se scinde en deux noyaux fils dont l'un est un noyau d'hélium.



Où A représenté le nombre de masse (nombre de nucléons), Z le numéro atomique (nombre de protons).

La vitesse d'émission des rayons α de 15 300 km/s (lumière 3×10^8 m/s ou 300 000 km/s).

La **radioactivité bêta** ou **émission bêta** (symbole β) est, à l'origine, un type de désintégration **radioactive** dans laquelle une **particule bêta** (un **électron** ou un **positron**) est émise. On parle de désintégration *bêta moins* (β^-) ou *bêta plus* (β^+) selon qu'il s'agit de l'émission d'un électron (particule chargée négativement) ou d'un positron (particule chargée positivement). Par exemple, on observe une émission β^- pour le **tritium** (${}^3\text{H}^+$) qui se transforme en **hélium 3** (${}^3\text{He}^{2+}$).

Un rayon gamma désigne le rayonnement électromagnétique à haute fréquence d'un photon dont la longueur d'onde est inférieure à 1 picomètre ($<10^{-12}$ m) ce qui correspond à des fréquences supérieures à 30 exahertz ($>3 \times 10^{19}$ Hz). Ils peuvent avoir une énergie allant de quelques keV à plusieurs centaines de GeV

Les **rayons X** sont une forme de rayonnement électromagnétique à haute fréquence constitué de photons dont la longueur d'onde est comprise approximativement entre 0,001 nanomètre et 10 nanomètres (10^{-12} m et 10^{-8} m), correspondant à des fréquences de 30 pétaherz à 300 exahertz (3×10^{16} Hz à 3×10^{20} Hz). L'énergie de ces photons va d'une centaine d'eV (électron-volt), à environ un MeV. Les rayons X ont été découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Röntgen, qui a reçu pour cela le premier prix Nobel de physique ; il leur donna le nom habituel de l'inconnue en mathématiques, X.

Les rayons X et les rayons gamma sont de même nature, mais sont produits différemment : les rayons X sont produits par des transitions électroniques alors que les rayons gamma sont produits lors de la désintégration radioactive des noyaux des atomes ou d'autres processus nucléaires ou subatomiques.

Le principe de tri radioactive

Dans l'industrie extractive de l'uranium, la mesure de la radioactivité, et plus précisément de l'émission des rayons γ , est à la base de presque toutes les méthodes de prospection et des procédés de contrôle et de sélection de la production.

L'intensité du rayonnement γ , émis par le minerai radioactif de l'uranium, dont le radium Ra essentiellement se trouve dans ce minerai, est une grandeur que l'on sait mesurer rapidement et avec une précision suffisante, par lecture directe, le plus souvent, lorsqu'on dispose de l'appareillage radiométrique approprié.

Pour un minerai déterminé en stabilité radioactif, il existe une corrélation connue et en général déterminée expérimentalement, entre cette intensité et le poids de métal contenu, c'est-à-dire la teneur du produit considéré.

La teneur d'un minerai ou d'un stérile peut donc, dans la pratique, être connue par simple lecture. On sait que le radium fournit une série de rayonnements γ durs d'énergies comprises entre 0,5 MeV Jusqu'à 2,4 MeV dont le libre parcours moyen dans les cailloux varie entre 5 cm environ pour les photons de 0,5 MeV jusqu'à 10 cm pour les photons des plus grandes énergies.

Unité de masse.

D'après la relation $E = m \cdot c^2$ de la relativité restreinte, on déduit : Par exemple, la masse de l'électron est de $511 \text{ keV}/c^2$, celle du proton de $938 \text{ MeV}/c^2$ et celle du neutron est de $940 \text{ MeV}/c^2$. En [physique](#) et en [chimie](#), l'électron-volt (au pluriel électrons-volts) ou électronvolt (symbole eV) est une [unité de mesure d'énergie](#).

Définition et usages (MeV)

Sa valeur est définie comme étant l'énergie cinétique acquise par un électron accéléré depuis le repos par une différence de potentiel d'un volt : $1 \text{ eV} = (1 e) \times (1 \text{ V})$, où e désigne la valeur absolue de la charge électrique de l'électron (ou charge élémentaire). Un électron-volt est égal à environ :

$$1 \text{ eV} = 1,602\ 176\ 565(35) \times 10^{-19} \text{ joule (J)}^2.$$

$$1 \text{ eV} = \frac{J}{C} \sqrt{\frac{2h\alpha}{\mu_0 c}}$$

où :

J, symbole du [joule](#)

C, symbole du [coulomb](#)

$h = 6,626\ 069\ 57(29) \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, constante de Planck en [joules-secondes](#)

$\alpha = 7,297\ 352\ 5698(24) \times 10^{-3}$, constante de structure fine (sans dimension)

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$, perméabilité magnétique du vide en [henry par mètre](#).

$c = 2,997\ 924\ 58 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, vitesse de la lumière dans le vide en [mètres par seconde](#).

C'est une unité hors Système international d'unités (SI) dont la valeur est obtenue expérimentalement.

On utilise l'électron-volt notamment en [physique des particules](#) pour exprimer les niveaux d'énergie rencontrés dans les accélérateurs de particules et la [fusion thermonucléaire](#), en physique des [semi-conducteurs](#) pour exprimer le [gap](#) de ceux-ci ou en physique des plasmas