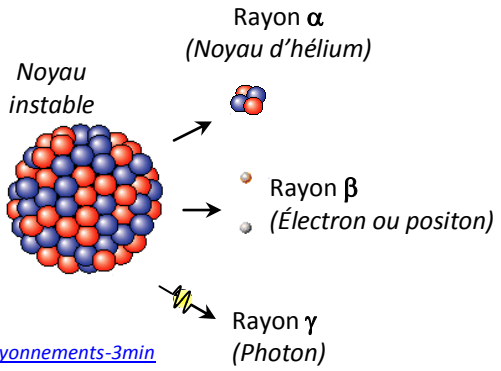
I. Qu'est-ce que la radioactivité ?

Vidéo : C'est pas sorcier

La radioactivité est un phénomène physique naturel au cours duquel des **noyaux atomiques instables** se désintègrent en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements (des rayons α, des rayons β ou des rayons γ) pour former des noyaux plus stables.

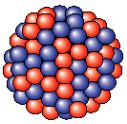
La radioactivité peut être dangereuse compte-tenu de l'énergie des rayonnements émis mais elle a aussi des applications en médecine comme la scintigraphie et la radiothérapie.



Vidéo : expérience webcam (2min) *Vidéo : Observez les rayonnements-3min*

II. Le noyau de l'atome

Le noyau d'un atome est constitué de **nucléons** :
- Les **protons** de charges électriques positives
- Les **neutrons** sans charge électrique (neutres)



Vidéo : Classification (7min)

Représentation symbolique du noyau d'un atome :

Nombre de nucléons (neutrons + protons)
Nombre de masse

Symbole de l'élément chimique

$$^{A}_{Z}X$$

Nombre de protons (ou nombre charge)
Numéro atomique

Exemples :

Le plomb 207

$^{207}_{82}Pb$

A=207 nucléons
Z=82 protons = 82 charges positives
Soit N = A – Z = 207 – 82 = 125 neutrons

On appelle :

- Des **nucléides**, un ensemble de noyaux identiques (même A, même Z et donc même N).
- Des **isotopes**, un ensemble de noyaux composés du même nombre de protons Z mais d'un nombre de différent de nucléons A (soit d'un nombre différent de neutrons).

  Exemple : $^{12}_{6}C$ *et* $^{14}_{6}C$ *sont des isotopes.*

Chaque élément chimique possède de 5 à plus de 30 isotopes. (diagramme N-Z des noyaux)

Certains de ces nucléides sont stables, d'autres sont instables et donc amenés à se désintégrer.

Autres notations rencontrées :

Le proton :	$^{1}_{1}p$	1 nucléon	et	1 charge positive
Le neutron :	$^{1}_{0}n$	1 nucléon	et	0 charge électrique
L'électron :	$^{0}_{-1}e^{-}$	0 nucléon	et	1 charge négative
Le positon (antimatière) :	$^{0}_{+1}e^{+}$	0 nucléon	et	1 charge positive
Photon gamma :	γ	0 nucléon	et	0 charge électrique

III.Les 3 principaux rayonnements radioactifs (α , β , γ)

Le phénomène de radioactivité est une transformation nucléaire **spontanée, inéluctable et aléatoire** qui correspond à la **désintégration d'un noyau père (instable)** donnant naissance à un **noyau fils** (stable ou instable) et à une **particule** qui est éjectée. Elle peut se traduire par une **équation de désintégration** :

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A'}_{Z'}Y^{*} + {}^{a}_{z}q $$

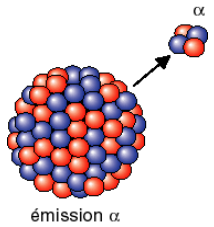
Noyau père instable — *Noyau fils Excité* — *Rayonnement*

Lors d'une émission il y a toujours :
- **Conservation du nombre de nucléons : A = A' + a**
- **Conservation des charges :Z = Z' + z**

III.1. La radioactivité α (alpha)

La **radioactivité α** correspond à l'émission d'un **noyau d'hélium** (particule) sans le cortège d'électronique. Elle est composée de 2 neutrons et de 2 protons soit de 4 nucléons.

$ {}^{4}_{2}He $ ou $ {}^{4}_{2}\alpha $



Exemple d'une équation de désintégration α : L'uranium 238

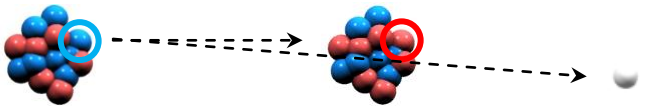
$$ {}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th^{*} + {}^{4}_{2}He $$

Noyau père — *Noyau fils* — *Rayon α*

III.2. La radioactivité β (béta)

Il existe deux sortes de radioactivité β (béta) :

- La **radioactivité β⁻** est une émission **d'un électron** (particule) noté $ {}^{0}_{-1}\beta^{-} $ ou $ {}^{0}_{-1}e^{-} $



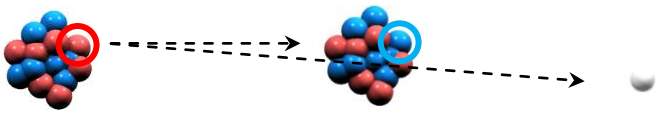
Lors de cette émission l'un des neutrons du noyau père se transforme en proton en libérant un électron.

Exemple d'une équation de désintégration β⁻ : Le carbone 14

$$ {}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}Th^{*} + {}^{0}_{-1}e $$

Noyau père — *Noyau fils* — *Rayon β⁻*

- La **radioactivité β⁺** est une émission **d'un positon** (particule) noté $ {}^{0}_{1}\beta^{+} $ ou $ {}^{0}_{1}e^{+} $



Lors de cette émission l'un des protons du noyau père se transforme en neutron en libérant un positon.

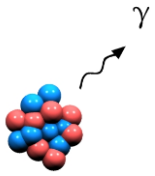
Exemple d'une équation de désintégration α : Le fluor 18

$$ {}^{18}_{9}F \rightarrow {}^{18}_{8}O^{*} + {}^{0}_{+1}e $$

Noyau père — *Noyau fils* — *Rayon β⁺*

III.3. La radioactivité γ (gamma)

Souvent lors de la désintégration d'un noyau instable, l'atome passe dans un état excité noté **Y***. Il dispose alors d'un trop plein d'énergie. Il libèrera ce trop-plein d'énergie sous la forme **d'une onde électromagnétique (photon) appelée rayon gamma**.



$$ {}^{A}_{Z}Y^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{0}_{0}\gamma $$

Noyau excité → *Noyau désexcité Etat fondamental* + *Photon Gamma*

Energie et fréquence du rayon gamma :

Quand un noyau se trouve dans un état excité **Y*** d'énergie E_1, il revient dans son état fondamental **Y** d'énergie E_0 en émettant un photon γ dont sa fréquence ν est donnée par la relation :

Variation d'énergie en J → $\Delta E = h \cdot \nu$ ← *Constante de Planck* $h = 6{,}62.10^{-34}$ *j.s*

Fréquence de l'onde en Hz

Conversion d'unité : ***1 eV = 1,6 10^{-19} J***

IV. Evolution de la radioactivité dans le temps

IV.1. L'activité A d'une source radioactive

L'**activité radioactive A** d'une source correspond au nombre de désintégrations spontanées de noyaux d'atomes instables qui s'y produit par seconde. Son unité est le **Becquerel (Bq)**.

Elle se mesure avec un radiomètre (ou un compteur Geiger).

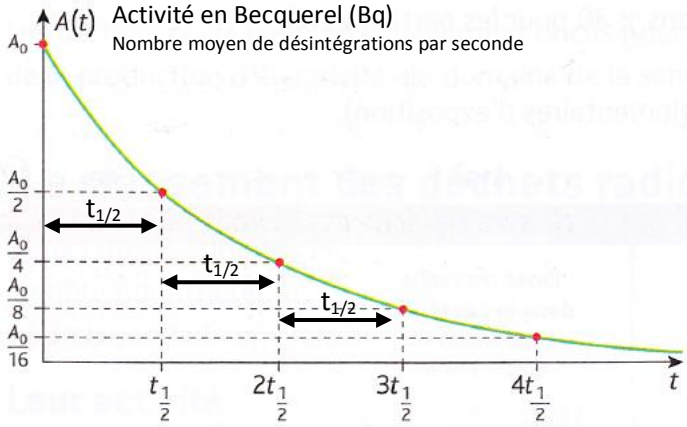
1 Bq = 1 désintégration par seconde

Lait	corps humain	Champignon	granite	Plutonium
80 Bq/L	110 Bq/kg	400 Bq/kg	1000 Bq/kg	2.10^{12} Bq/kg

IV.2. Loi de décroissance radioactive

L'activité radioactive d'un échantillon décroit régulièrement avec le temps de manière exponentielle.

La « **demi-vie** » **ou** « **période radioactive** » ou radioactive d'un noyau, notée $t_{1/2}$ ou **T**, est la durée au bout de laquelle son activité est divisée par 2 : Au bout de 20 périodes, on considère que l'activité d'un échantillon radioactif est négligeable.



Courbe de décroissance radioactive

Exemple de période radioactive

Polonium 212 : $t_{1/2} = 300\ 10^{-9}$ s
Iode 131 : $t_{1/2} = 8$ jours
Carbone 14 : $t_{1/2} = 5700$ ans
Uranium 238 : $t_{1/2} = 4.5$ milliards d'années

V.Les dangers liés à la radioactivité

Parmi les dangers de la radioactivité, on distingue l'irradiation qui correspond à une exposition externe à une source radioactive (rayons cosmiques, croûte terrestre , sources artificielles) et la contamination qui est due à une exposition interne (inhalation ou ingestion de substances radioactives).

V.1. Pouvoir de pénétration des rayonnements

✓ **Rayonnement α :**

Les **particules α** (noyau d'hélium) sont **peu pénétrantes, mais très ionisantes**.

Ces rayonnements sont dangereux pour l'homme. Ils arrachent facilement des électrons aux atomes et modifient la structure moléculaire des tissus biologiques.

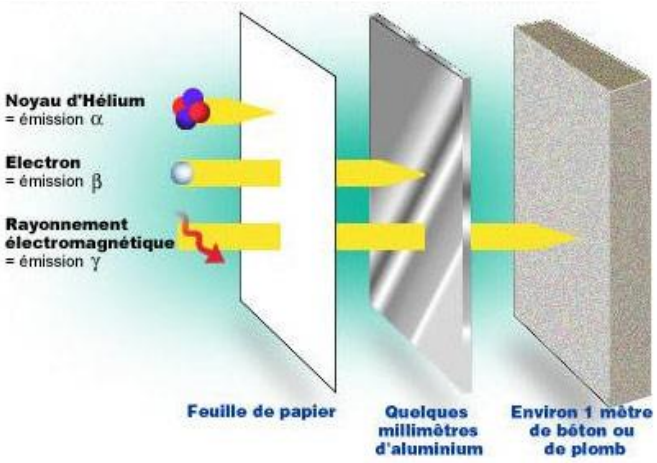
✓ **Rayonnement β**

La **particule β^-** (électron) est **assez pénétrante**, elle est arrêtée par quelques millimètres d'aluminium (conducteur).

La **particule β^+** (positon ou positron) a une durée de vie très courte dans la matière, car dès qu'elle rencontre un électron, elle réagit en donnant un rayonnement composé de 2 photons gamma (γ).

✓ **Rayonnement γ**

Le **rayonnement γ** est **très pénétrant** (brule)



VI.Dose absorbée et dose équivalente

La dangerosité d'une source radioactive dépend de l'énergie émis par une source radioactive.

Salvador(Amérique centrale) des employés d'une installation industrielle de stérilisation ont été irradiés par une source de cobalt

Des gardes-frontière du centre d'entraînement de Lilo (Géorgie) ont été exposés à des sources militaires de césium 137

VI.1. Dose absorbée (D en Gray)

La dose absorbée **D** traduit la quantité d'énergie E reçue par une masse m de matière irradiée.

Dose absorbée En Gray (Gy) → $D = \frac{E}{m}$ ← *Energie reçue en J*; *Masse irradiée en kg*

VI.2. Dose équivalente (DE en Sievert)

Un **dosimètre** est un instrument de mesure destiné à mesurer la dose radioactive ou l'équivalent de dose reçus par une personne exposée à un rayonnement ionisant, dans le cadre de son activité professionnelle, d'un accident ou d'une radiothérapie vectorisée

La dose équivalente permet de tenir compte des effets des différents rayonnements ionisants sur les tissus biologiques par un facteur de pondération F.

Dose équivalente En Sievert (Sv) → $DE = F.D$ ← *Dose absorbée En Gray (Gy)*; *Facteur de pondération*

Exemples : F=1 pour les rayonnements β et γ ; F = 20 pour les rayonnements α ; F=5 pour les protons …