

# Les bases de la Radioactivité

Un atome, c'est quoi ?

Et un isotope, c'est quoi ?

Qu'est ce qu'un rayonnement ionisant ?

Alors finalement la radioactivité, c'est quoi ?

Contamination ou irradiation...

Les unités de mesure

Les concepts de dose

Fission, réaction en chaîne et produits de fission...

La période radioactive

Fissile ou fertile...



# Un atome, c'est quoi ?

Tout élément de notre Univers, du Soleil à notre corps, qu'il soit solide, liquide ou gazeux, est composé d'atomes.

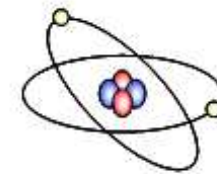
De taille très petite - un dixième de milliardième de millimètre -, ils sont composés de trois types de particules :

- les protons, chargés positivement ;
- les neutrons, non chargés (les protons et les neutrons composent le noyau) ;
- les électrons, chargés négativement, qui gravitent autour du noyau.

Les atomes peuvent être **stables** ou **instables**. Lorsqu'ils sont instables – alors appelés radionucléides -, ils cherchent à se stabiliser via un rayonnement (émission d'énergie et/ou faisceau de particules).

Le nombre d'électrons - ou de protons - détermine les propriétés physiques et chimiques de l'atome : on appelle cela le nombre atomique.

L'atome



Légende :

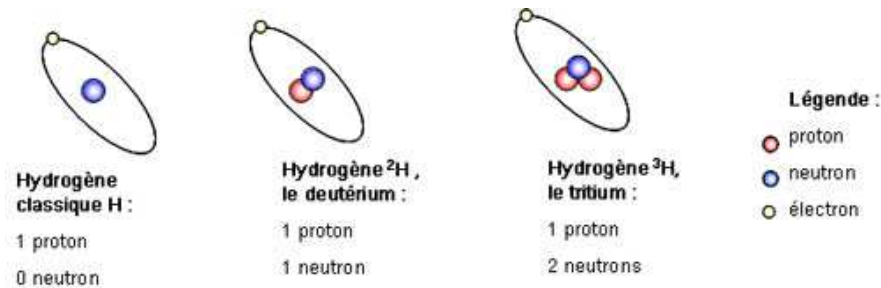
- proton
- neutron
- électron

# Et un isotope, c'est quoi ?

Les isotopes sont des atomes qui possèdent le **même nombre d'électrons** – et donc de protons, pour rester neutre -, mais un nombre différent de neutrons. On connaît actuellement environ 325 isotopes naturels et 1200 isotopes créés artificiellement.

Les isotopes d'un même élément ont des propriétés chimiques identiques mais des **propriétés physiques différentes (stables ou radioactifs notamment)**.

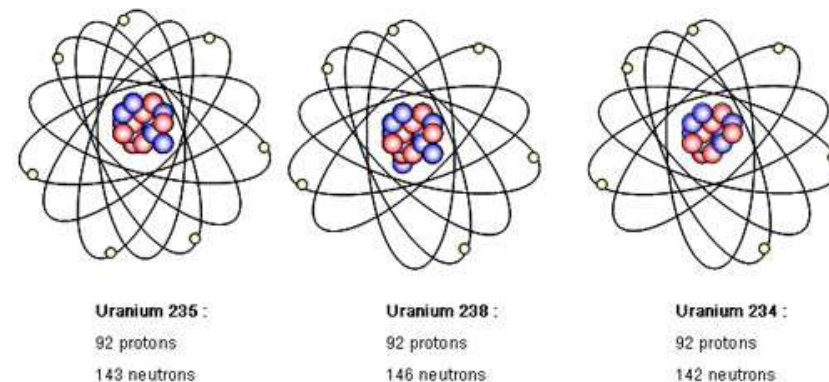
Par exemple, l'hydrogène a trois isotopes :



De son côté, l'uranium a 17 isotopes, tous radioactifs. Ils possèdent tous 92 protons mais ils ont entre 125 et 150 neutrons.

Seulement trois sont présents naturellement sur Terre et

surtout l'un d'eux, à plus de 99% : l'uranium 238.



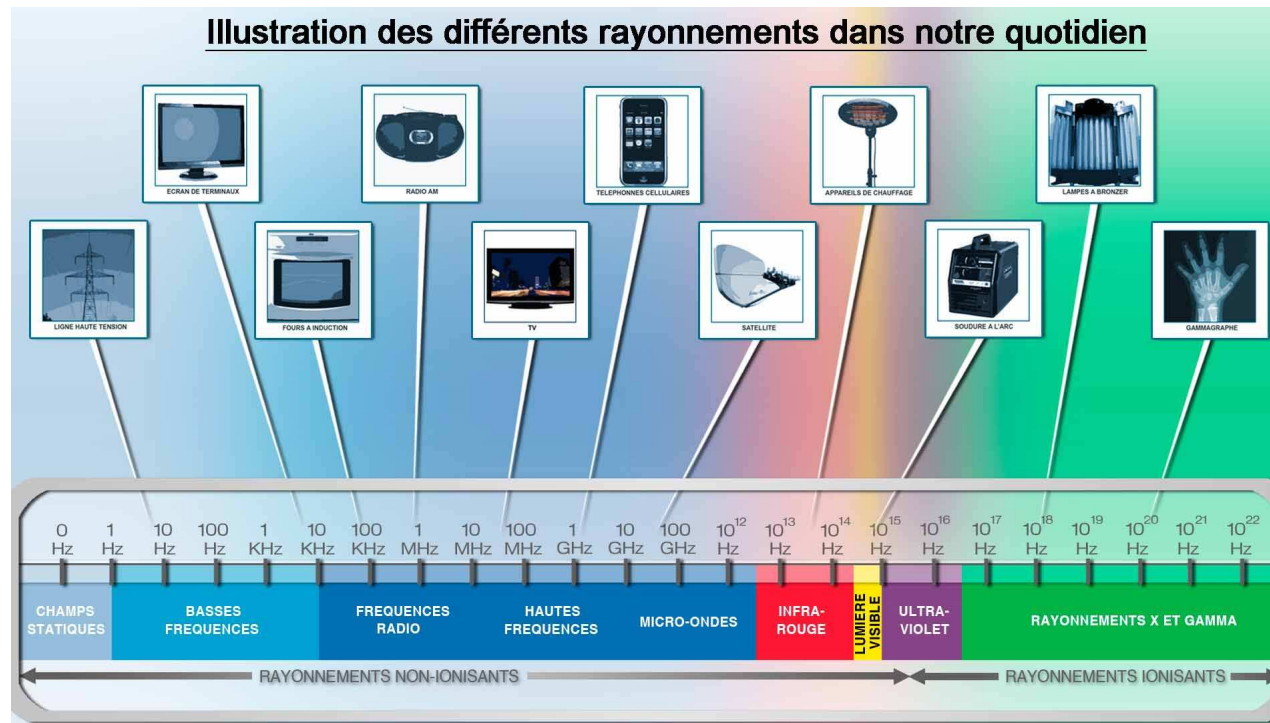
Si l'isotope d'un élément donné est radioactif, on l'appelle **radionucléide ou radio isotope** (par exemple l'uranium **238**, l'iode **131**...). Le préfixe « radio » signifie « radioactif ». Le suffixe « nucléide » signifie « noyau ».

# Qu'est ce qu'un rayonnement ionisant ? (1/2)

Dans notre quotidien, nous sommes entourés par de nombreux types de rayonnement - ou "rayons" - , visibles ou invisibles (cf. schéma ci-dessous). Mais la plupart des rayonnements de notre quotidien - radio, téléphonie mobile, micro-ondes - ne sont pas ionisants.

Un rayonnement est une **émission d'énergie et/ou un faisceau de particules**..

Certains rayonnements (X et gamma) sont dit ionisants car ils émettent des **"rayons" d'énergies suffisantes pour transformer les atomes qu'ils traversent en ions** (un atome qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons). Cela peut rendre instable la matière.



## Qu'est ce qu'un rayonnement ionisant ?(2/2)

Un atome – instable de nature ou après un contact avec un rayonnement – cherche à se stabiliser en émettant des rayonnements. Différents méthodes existent pour qu'il puisse libérer son surplus d'énergie à l'aide d'un rayonnement :

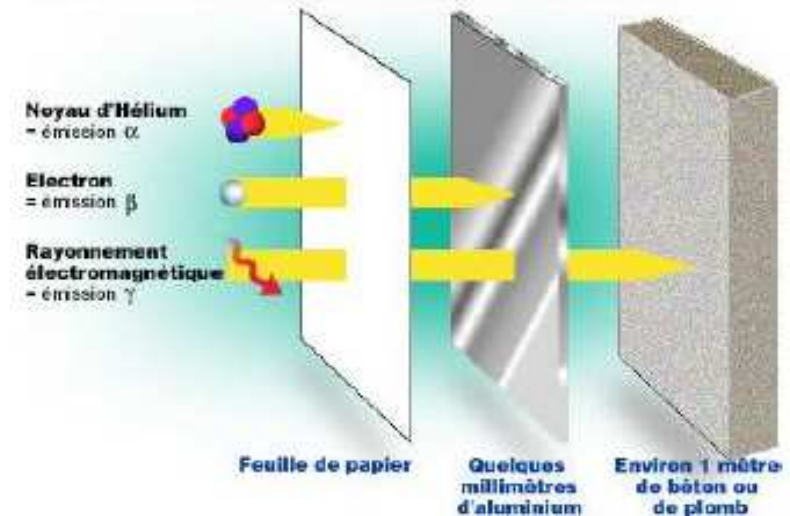
- en perdant des protons et des neutrons, via le rayonnement alpha ;
- en transformant un neutron en proton ou vice-versa, via le rayonnement beta moins ou beta plus ;
- en émettant des photons (particules composants la lumière) via les rayonnements X et gamma.

Les rayonnements - couramment appelés "rayons"- provoquent des effets différents sur l'organisme en fonction du **type de rayonnement** et de la **dose reçue**.

L'énergie dégagée n'est en effet pas identique pour tous les rayonnements, et les moyens de s'en protéger sont donc différents.

Par exemple, une feuille de papier est suffisante pour arrêter les rayonnements alpha, mais il faut un mètre de béton ou de plomb pour arrêter des rayonnements gamma.

### Le pouvoir de pénétration des différents rayonnements

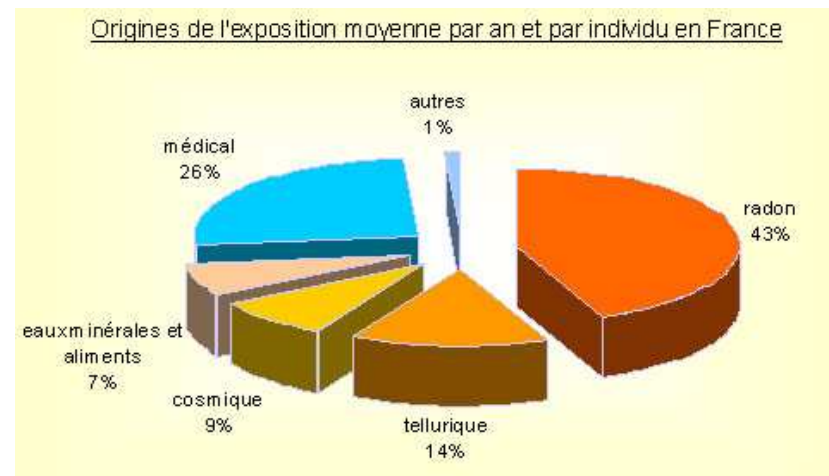


Les sources de rayonnements ionisants

# Alors finalement la radioactivité, c'est quoi ?

La radioactivité est un **phénomène naturel** qui existe depuis l'origine de l'Univers - il y a des milliards d'années - lorsque les atomes se sont formés. Bâti sur le même modèle, tous les atomes n'ont pourtant pas les mêmes propriétés : certains sont stables et restent indéfiniment identiques à eux-mêmes alors que d'autres sont instables. **Pour acquérir une meilleure stabilité, ces derniers - appelés radionucléides - expulsent à un moment donné une quantité d'énergie, sous forme de rayonnement et/ou de particules : ce phénomène est appelé "radioactivité".**

Dans notre quotidien, nous sommes en contact permanent avec la radioactivité, dans les proportions du graphique ci-dessous. Celle-ci peut-être **d'origine naturelle, issue de la Terre, du cosmos ou dans notre alimentation** mais également **artificielle** lors **d'examens ou de thérapies médicales** ou encore issue des **rejets d'installations nucléaires** ou via les **anciens essais d'armes nucléaires** dans l'atmosphère.



Source : Rapport 2006 « Exposition de la population française aux rayonnements ionisants »

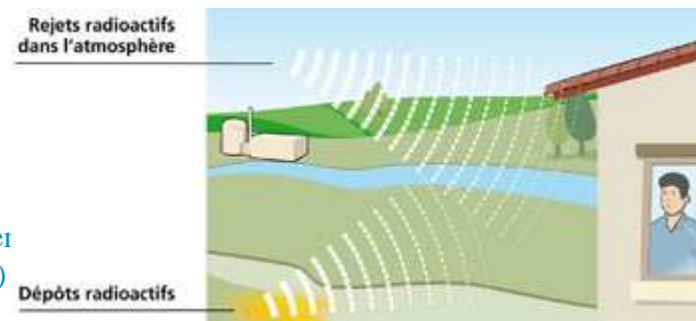
L'exposition moyenne d'une personne par an en France est de 3,3 mSv (dose efficace).

# Contamination ou irradiation...

Deux types d'exposition aux rayonnements ionisants sont possibles.

Tout d'abord, on parle d'**irradiation** lorsque l'**exposition** est **externe**.

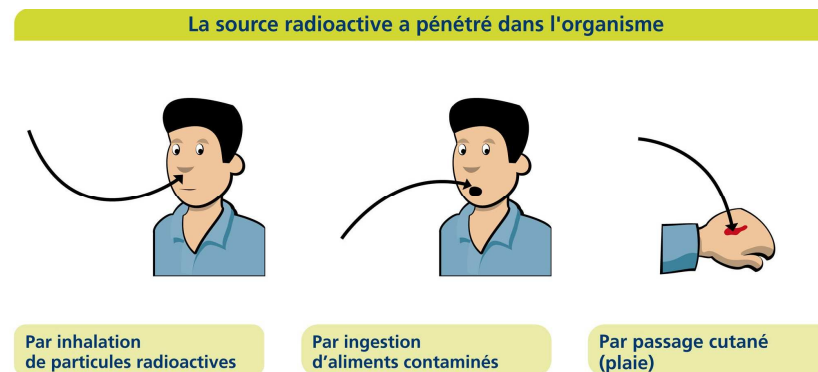
En effet, les radionucléides sont présents naturellement au sein de notre et moins exposé à l'un deux ou à un rayonnement ionisant (particule ou onde)



De manière naturelle, ces rayonnements proviennent du cosmos, du radon, ou de l'activité humaine (médecine surtout mais également industrie nucléaire). Cette exposition, externe, cesse dès lors que la source de radioactivité est éloignée de la personne ou si un écran (blindage) est interposé entre la personne et la source.

En revanche, on parle de **contamination** pour une **exposition interne** (les particules radioactives ont pénétré dans le corps).

Trois modes d'exposition interne sont alors possibles (cf. schéma) :



Par exemple, le radon - gaz radioactif naturel qui se dégage du sol - génère différents atomes radioactifs qui sont présents dans l'air et peuvent donc pénétrer par inhalation dans les poumons et s'y fixer. Cette exposition, interne, se poursuit tant que la source est à l'intérieur ou au contact du corps.

# Les unités de mesure

Trois unités sont fréquemment utilisées dans le domaine du nucléaire : le Becquerel (**Bq**), le Gray (**Gy**) et le Sievert (**Sv**).

Pour les comprendre, on peut raconter l'histoire du lancé de balles de tennis à Oscar.

La balle de tennis représente ici un atome radioactif - appelé radionucléide -. Sa taille et sa couleur sont différentes puisque chaque élément est plus ou moins radioactif et n'émet pas le même type de rayonnement ionisant.

Et en fonction de l'endroit où Oscar va recevoir la balle (tissu ou organe touché), cela ne provoquera pas les mêmes dommages.

## Explication :

La machine lance des balles à Oscar.

- Puisque la balle - l'atome - est radioactif, il émet des rayonnements ou des particules). Le nombre de ces rayonnements (par seconde) peut être déterminé pour chaque isotope. On appelle cela l'activité, dont l'unité est le **Becquerel (Bq)**.

- Quand Oscar reçoit cette balle, son corps "absorbe" le choc, ce qui provoque des bleus avec une réelle balle de tennis par exemple. Ici, on parle de dose absorbée, exprimée en **Gray (Gy)** pour représenter l'énergie que l'atome radioactif transmet à l'endroit du corps avec lequel il entre en contact.

- Les séquelles qu'Oscar aura dépendent de deux facteurs : le type d'atome et l'endroit de l'impact (tête, peau...). On parle alors de dose dite "efficace", qui s'exprime en **Sievert (Sv)**.





# Les concepts de dose 1/2

Les dommages des rayonnements ionisants sur la santé dépendent de plusieurs paramètres, à savoir :

- la **dose d'irradiation**, c'est-à-dire la quantité d'énergie transmise par les rayonnements dans l'organe ou le tissu touché ;
- la **nature du rayonnement** (X, gamma, alpha notamment) ;
- les **modalités d'exposition** : interne - par ingestion notamment - ou externe;
- l'**organe ou le tissu atteint** (poumons, peau...).

Différents concepts de dose sont utilisés pour comprendre l'impact de multiples rayonnements sur de multiples types de tissus ou d'organes. Tout d'abord, on calcule la dose absorbée. Ensuite, pour prendre en compte l'influence de deux paramètres - le type de tissu ou d'organe touché et le type de rayonnement – on calcule deux doses :

-- la première - **dose équivalente** - prend en compte le type de rayonnement. Elle est calculée en multipliant la dose absorbée par un facteur dépendant du type de rayonnement (X, gamma...)

-- la seconde - **dose efficace** - prend en compte le deuxième paramètre - le type de tissu ou d'organe touché. Ainsi on peut déterminer l'impact d'un type de rayonnement sur un type de tissu ou d'organe touché.

Seule la **dose absorbée** est mesurée, les autres - dose équivalente et dose efficace - sont calculées.



## Les concepts de dose 2/2

Exprimée en Gray (Joules/kg), la « dose absorbée » représente l'énergie cédée par le rayonnement à l'organisme - ou à un objet - qu'il rencontre.


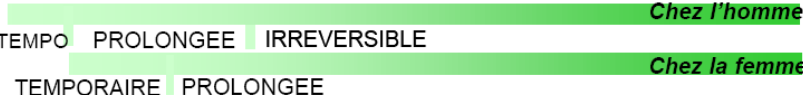

Dans le cas d'une irradiation aiguë localisée à un organe ou tissu - par exemple la peau - on sait, d'après le tableau ci-dessous, que pour une dose absorbée de plus de 1 Gy, des rougeurs apparaissent. Pour une dose supérieure à 5 Gy, la peau devient brûlée (cf. tableau suivant).

La nécrose est une altération entraînant la destruction d'une cellule ou d'un tissu organiques.

Les gonades sont les glandes génitales (testicules chez l'homme, ovaires chez la femme).

Le cristallin est un élément de l'œil (fonction de lentille).

Schéma 1 : Effets d'une irradiation aiguë selon l'organe exposé

Dose (en Gy)	1	5	10	20	50
Atteinte de la peau					
Atteinte des gonades	 <i>Chez l'homme</i> <i>Chez la femme</i>				
Atteinte du cristallin					

# La fission et la réaction en chaîne

## La fission

La fission est l'**éclatement d'un atome lourd** en atomes plus légers lors de la collision entre un atome et un neutron par exemple. Cette réaction est accompagnée d'une émission de neutrons, de rayonnements ionisants et d'un fort dégagement de chaleur. C'est ce dégagement de chaleur qui est utilisé pour produire de l'électricité dans les centrales nucléaires.

## Les produits de fission

Les produits de fission regroupent les différents atomes issus d'une réaction de fission, à savoir :

- les noyaux créés par la "première" fission nucléaire, les produits "filles" ;
- les noyaux issus d'un atome fille instable (qui utilise la désintégration pour se stabiliser)...les "petits enfants"...



Cliquez sur le dessin pour accéder à l'animation de la réaction en chaîne

IRSN  
INSTITUT DE  
RADIOPROTECTION  
ET DE SURETÉ  
NUCLÉAIRE

Par exemple, pour l'uranium 235, les "produits de fission" regroupent les atomes qui résultent de la première réaction de fission (le krypton par exemple) ainsi que les atomes créés par la suite, en cas d'instabilité d'un produit fille instable (le ruthénium, le strontium...).

La période radioactive de ces différents atomes est très variable.

## La réaction en chaîne

La fission produit des neutrons. Ces derniers peuvent donc entrer à leur tour en collision avec d'autres atomes. Ainsi, la réaction s'auto-entretient puisque la première réaction engendre une série de réactions : on parle alors de réaction en chaîne.

# La période radioactive

La période (ou demi-vie) est le **temps nécessaire pour que la moitié des atomes se désintègrent naturellement**.

Cela ne dépend pas de l'environnement (température, pression) mais c'est une propriété liée à l'élément radioactif - radionucléide - considéré.

Par exemple, le césium 137 a une période radioactive de 30,2 ans. Cela signifie qu'au bout de ce laps de temps, la moitié du fragment de césium 137 s'est désintégré, soit en un élément stable, soit en un autre élément radioactif qui se désintégrera à son tour.

Cette durée peut varier considérablement d'un isotope à l'autre, comme le montre ces quelques exemples suivants :

Radio-nucléide	Période radioactive
Technétium 99	6 heures
Thallium 201	73 heures
Tellure 132	78 heures
Iode 131	8 jours
Césium 134	2,2 ans
Tritium	12,32 ans
Plutonium 241	13,2 ans
Césium 137	30,2 ans
Uranium 238	plus de 4 milliards d'années



# Fissile ou fertile...

Dans l'industrie nucléaire, on distingue deux types de noyaux :

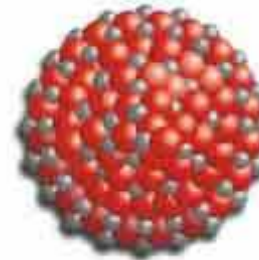
- les **noyaux « fissiles »**, qui sont susceptibles de subir une fission, quelque soit l'énergie des neutrons qui les percutent. C'est notamment le cas des isotopes 233 et 235 d'uranium (U233 et U235), des isotopes 239 et 241 du plutonium (Pu239 et Pu241) ;

- les **noyaux « fertiles »**, qui ne sont fissiles qu'au contact d'un neutron ayant une énergie suffisante. Ce sont par exemple le thorium 232, l'uranium 238, le plutonium 240.

En revanche, ces noyaux dits fertiles peuvent se transformer en noyaux fissiles après capture d'un neutron, soit directement, soit après une ou plusieurs désintégrations beta (avec émission de rayonnement beta).

Par exemple, l'uranium naturel est un mélange :

- d'uranium 238 (fertile) dans une proportion de 99,275 % ;
- d'uranium 235 (fissile), dans une proportion de 0,719 % ;
- d'uranium 234 (fissile) à 0,006 %.



En fonction du **type de centrale nucléaire**, on peut soit :

- enrichir l'uranium en augmentant son taux naturel en isotope fissile, l'uranium 235 (au sein des réacteurs à eau pressurisée, employés en France) ;
- utiliser l'uranium naturel et accélérer les neutrons.