

LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?



1.1

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN – Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr – Pictos : Freepik, Kazoar – Photos : zlikovec/Adobe Stock, Olivier Seignette/Mikael Lafontan/Médiathèque IRSN
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

VOYAGE AU CENTRE DE LA MATIÈRE



Notre corps est composé d'une multitude de minuscules grains : **les atomes**.

Connectés les uns aux autres, ils forment les molécules qui elles-mêmes constituent la structure de base de la matière.

Potassium 40
19 protons
21 neutrons

dans 89% des cas

Calcium 40
20 protons
20 neutrons

dans 11% des cas

Argon 40
18 protons
22 neutrons

Potassium 40 en train de se désintégrer

électron

neutron

proton

Atome taille 0,0000001 mm = 1 Angstrom

DE QUOI EST FAIT UN ATOME ?

Un atome est lui-même composé d'un noyau et, autour, d'un nuage d'électrons. Ces électrons sont les mêmes qui parcourent nos fils électriques.

Dans le noyau, il y a 2 types de particules : les **neutrons** et les **protons**. Le nombre de protons détermine la propriété chimique de l'atome. Les neutrons peuvent être plus ou moins nombreux dans un même élément formant des isotopes différents.

Certains sont radioactifs. Par exemple, le carbone 12 avec 6 neutrons est stable, et le carbone 14 avec 8 neutrons est instable et radioactif.

ET LES MOLÉCULES ?

Les atomes se connectent les uns aux autres pour former des molécules.

Les molécules se connectent également entre elles pour former toutes sortes de structures, cellules, objets et êtres vivants.

ATOMES INSTABLES

La plupart des atomes sont stables, c'est-à-dire qu'ils ne changent pas au fil du temps.

Certains sont instables et se transforment en d'autres atomes, tout en émettant des rayonnements : c'est le phénomène de la **radioactivité**.



EN DÉBAT LA RADIOACTIVITÉ, UNE INVENTION DE L'HOMME ?

➤ La radioactivité est un phénomène naturel, présent partout, qui est apparu dès l'origine de la Terre. On retrouve des éléments radioactifs dans les roches, l'eau, les fruits ou encore dans notre propre corps.

⬅ La découverte de la radioactivité a engendré des inventions produisant des matières radioactives artificielles. Certaines, très radioactives, pourraient s'avérer dangereuses pour les générations actuelles ou futures si elles n'étaient pas confinées et contrôlées.

En tout état de cause, connaître l'origine de la radioactivité permet de mieux comprendre les phénomènes.

1.2

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr - Pictos : Freepik, Kazoar - Illustrations : La-fabrique-creative - Photos : La-fabrique-creative, Denys Prykhodov/Adobe Stock, German Wikipedia/XenonR, BSIP/BAGHEERA/PROPIXO
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI?

TROIS SORTES DE RAYONNEMENTS

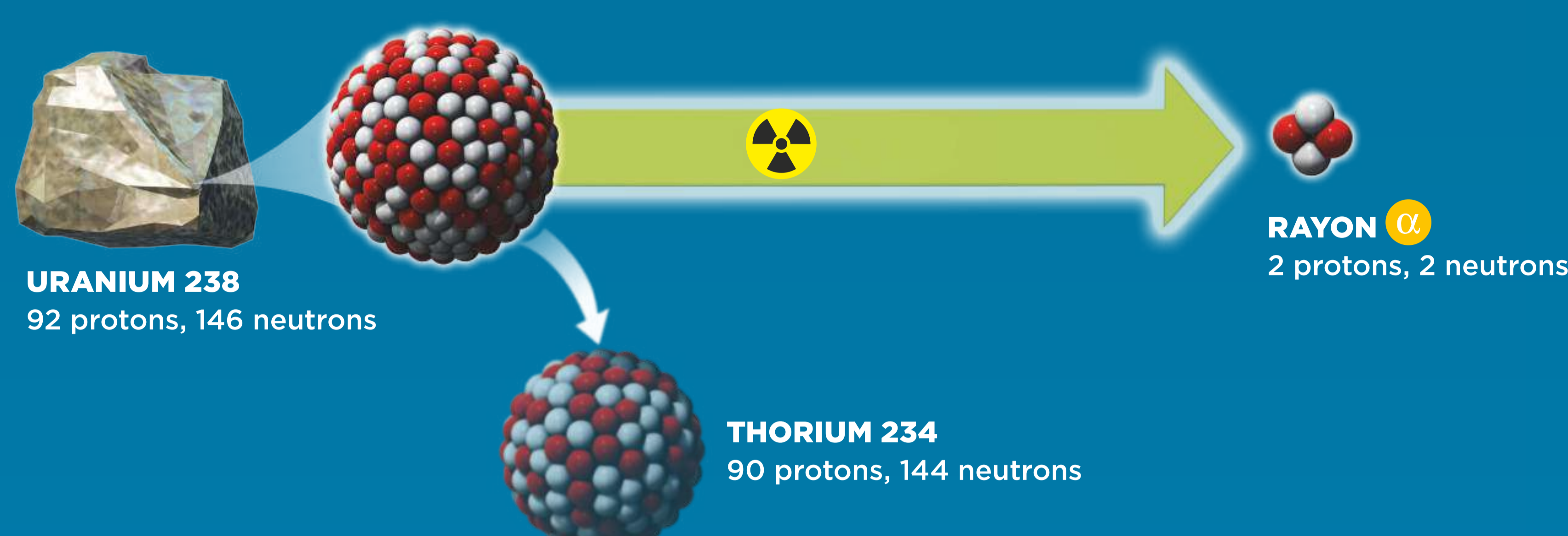


Certains atomes **se transforment** au fil du temps en émettant des rayonnements invisibles. Des matériaux qui contiennent de tels atomes sont dits radioactifs !

Scientifiquement, on dit qu'un atome qui se transforme par le processus de radioactivité se désintègre. En effet, il perd son intégrité (il se dés-intègre) en libérant des particules avec plus ou moins d'énergie. Selon sa nature, un atome peut émettre trois types de rayonnements différents : **alpha, bêta ou gamma.**

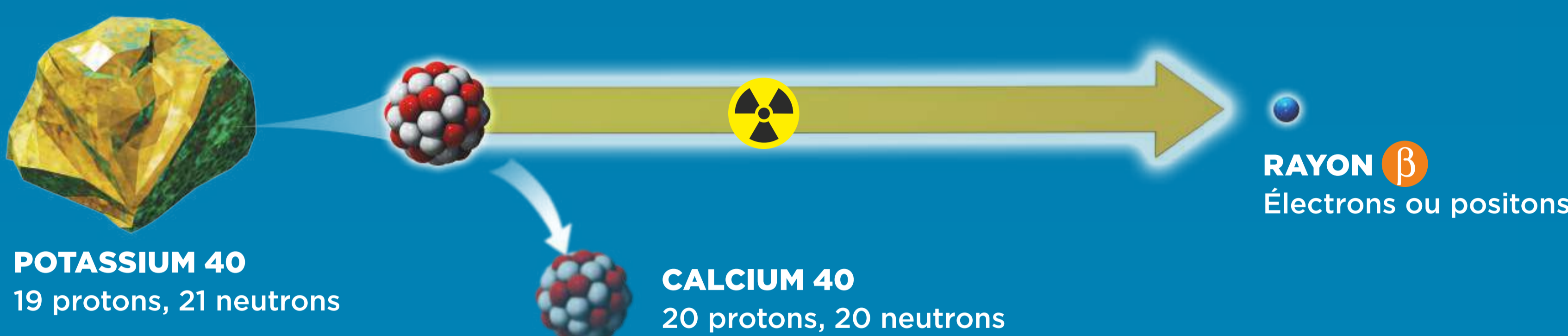
RAYONNEMENT ALPHA α

Certains atomes lourds se transforment en émettant une particule massive, formée de deux protons et deux neutrons, c'est un noyau d'hélium que l'on appelle **particule alpha**. Par sa grande taille, la particule alpha est peu pénétrante et arrêtée par une simple feuille de papier. En revanche, elle libère une énergie importante lors de son impact.



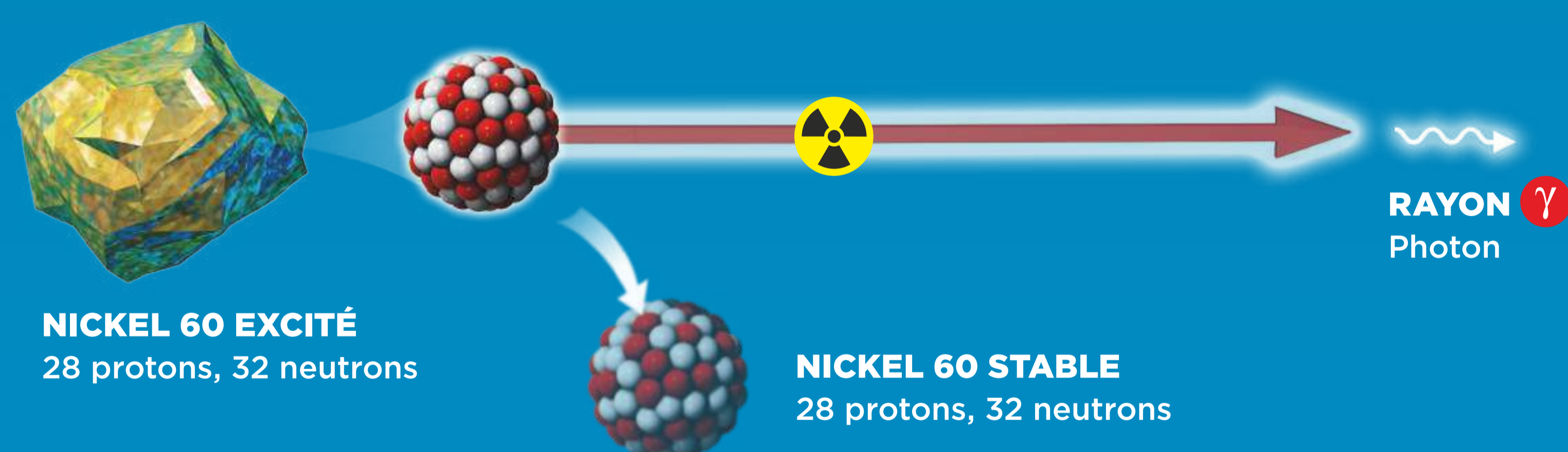
RAYONNEMENT BÊTA β

Dans le noyau d'un atome, un neutron peut se changer en proton ou inversement, un proton peut se changer en neutron. Cette transformation s'accompagne de l'émission d'une particule électrisée appelée **particule bêta**. Ces particules électrisées, des électrons ou des positons, peuvent traverser du papier mais sont arrêtées par une feuille d'aluminium. Plus pénétrantes que les particules alpha, elles déposent aussi leur énergie plus progressivement au fil de leur parcours.

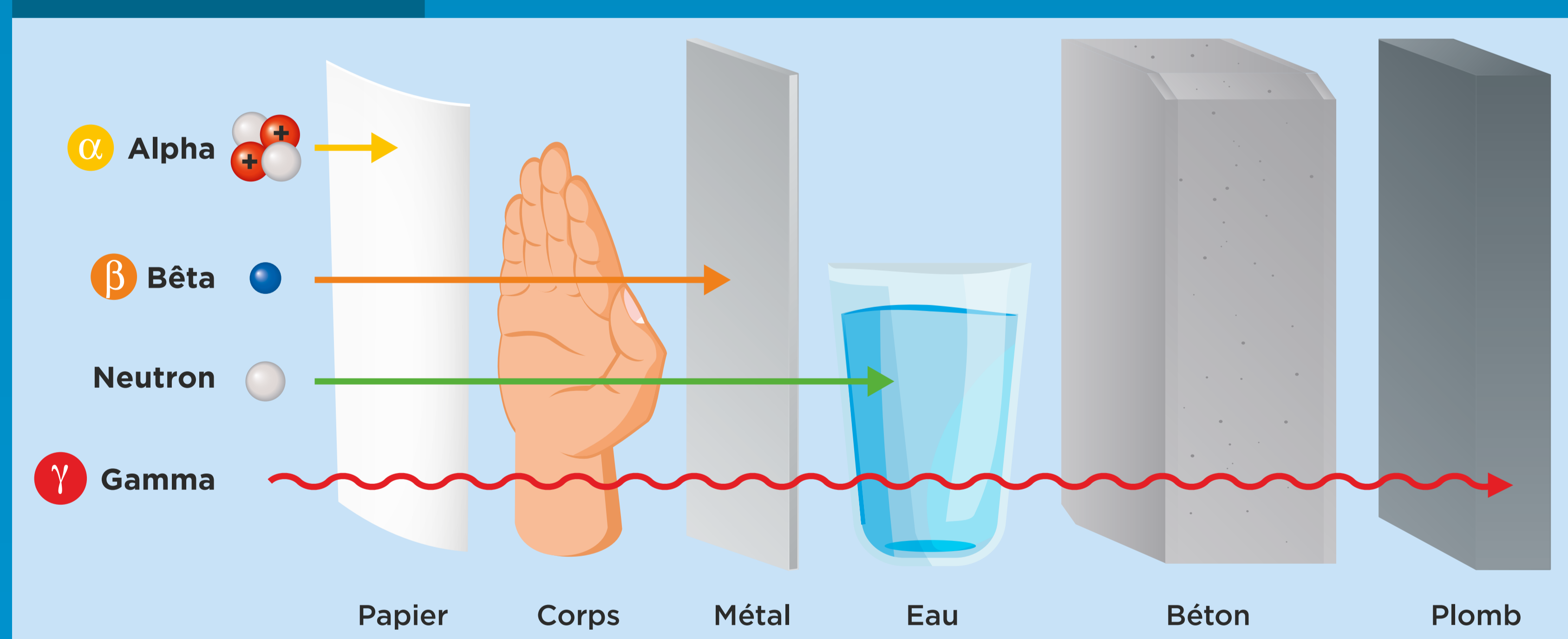


RAYONNEMENT GAMMA γ

Après avoir émis une particule alpha ou bêta, certains atomes se retrouvent dans un état perturbé. Ils émettent alors un **rayonnement gamma** pour se stabiliser. Les rayons gamma ne sont pas composés de particules matérielles mais de grains de lumière, des photons. Le rayonnement gamma est très pénétrant et il faut plusieurs centimètres de plomb ou des dizaines de centimètres de béton pour les arrêter. Il est difficile de s'en protéger.



Pénétration des rayons



Certaines matières sont radioactives : elles émettent des rayonnements avec plus ou moins d'énergie. Ces rayonnements sont tous dangereux **et nécessitent des moyens de protection adaptés.**

1.3

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazaar.fr - Pictos : Freepik, Kazaar - Illustrations : La-fabrique-creative/Bruno Bourgeois, Freepik, Kazaar
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

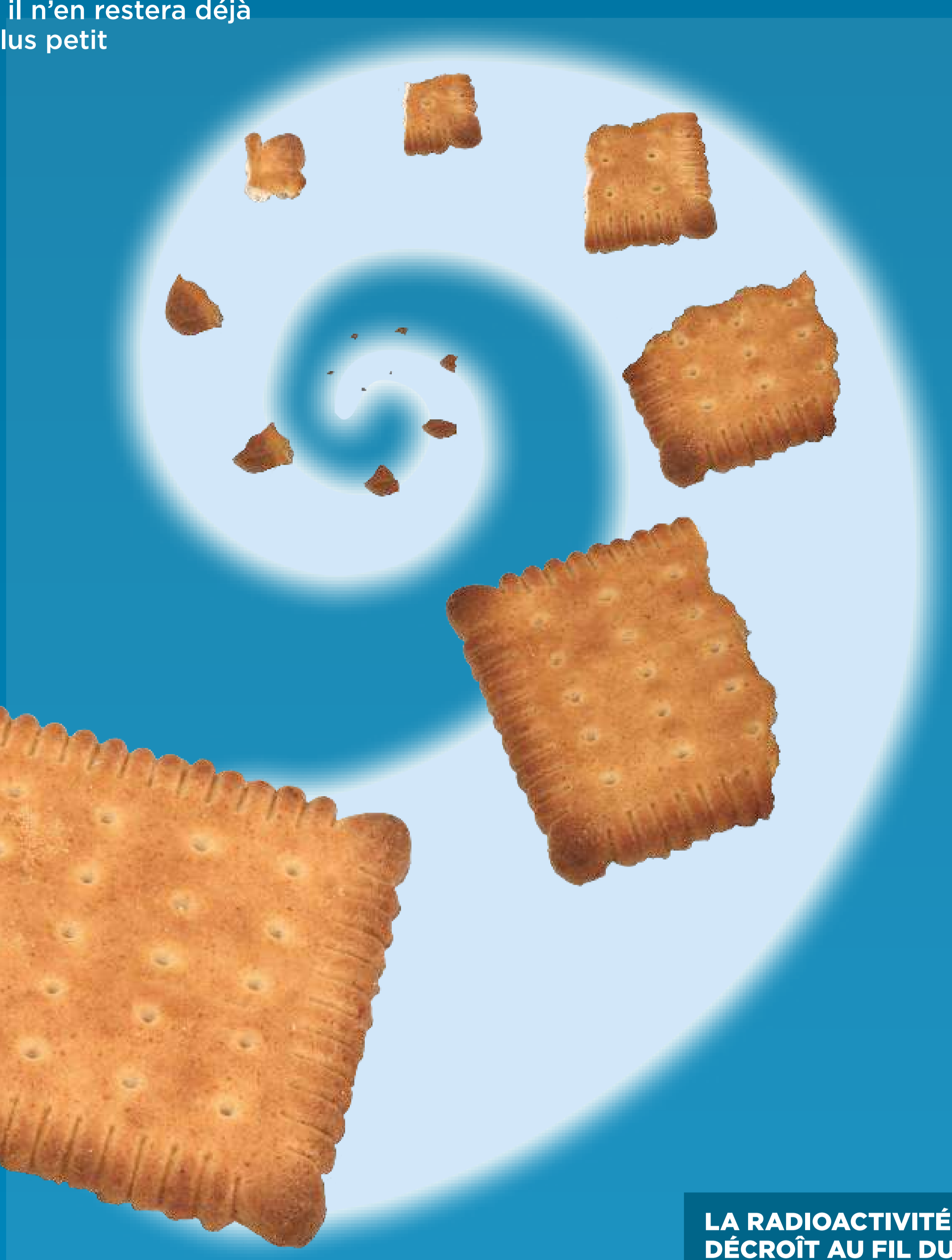
COMBIEN DE TEMPS DURE LA RADIOACTIVITÉ ?



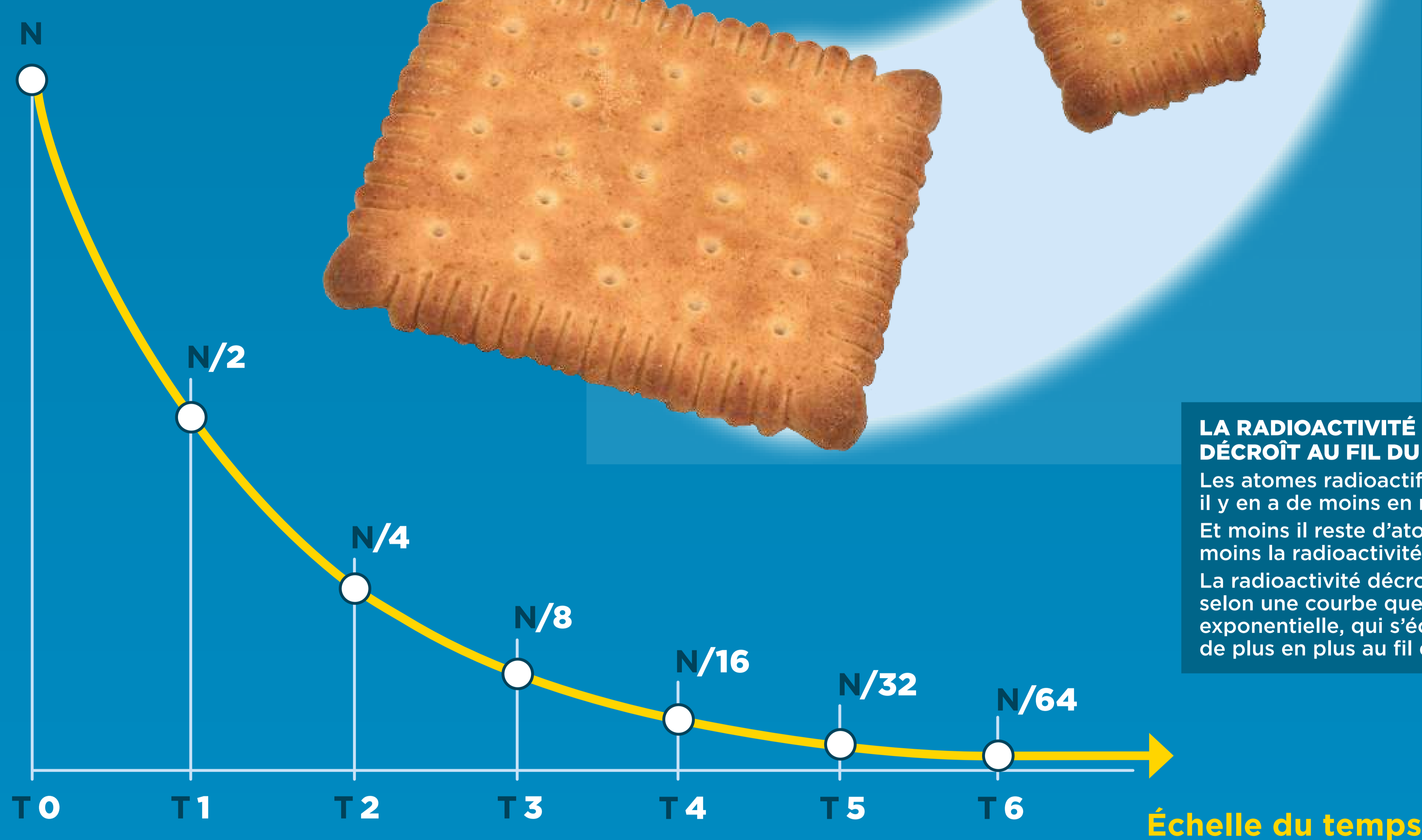
La radioactivité n'est pas éternelle. Les matières radioactives perdent des particules au fil du temps, ne laissant au final que de la matière stable. Cela se produit-il rapidement ? Pour le savoir, il faut s'intéresser à la notion de **demi-vie**.

LA RADIOACTIVITÉ GRIGNOTÉE

Les matières radioactives le sont de moins en moins au fil du temps. C'est un peu comme si vous décidiez de grignoter chaque jour un biscuit en croquant la moitié de ce qu'il reste. Au bout d'une journée, le biscuit aura la moitié de sa taille. En trois jours, il n'en restera déjà qu'un huitième. Puis le morceau sera de plus en plus petit mais cela peut durer encore longtemps.



Concentration d'atomes radioactifs



LA RADIOACTIVITÉ DÉCROÎT AU FIL DU TEMPS
Les atomes radioactifs se désintègrent : il y en a de moins en moins. Et moins il reste d'atomes radioactifs, moins la radioactivité est intense. La radioactivité décroît selon une courbe que l'on appelle exponentielle, qui s'écrase de plus en plus au fil du temps.

LA DEMI-VIE

Les physiciens appellent la **demi-vie** d'une matière radioactive le temps au bout duquel la moitié des atomes de départ se sont désintégrés.

La demi-vie donne une bonne indication de la **rapidité de disparition** d'une matière radioactive.

Dans le cas ci-dessus, les scientifiques diraient que le biscuit a une demi-vie d'une journée : il fait la moitié de sa taille au bout d'un jour.

EXEMPLES

LE TECHNÉTIUM 99m

Demi-vie : 6 heures.

Il a une demi-vie très courte. Il est utilisé pour faire des diagnostics médicaux. Il est éliminé rapidement.

LE POTASSIUM 40

Demi-vie : 1,35 milliard d'années. Contenu dans le sol, il est aussi présent dans les aliments et le corps humain.

L'URANIUM 238

Demi-vie : 4,5 milliards d'années. Comme celui contenu dans les roches de granite, sa demi-vie équivaut à l'âge de la Terre. La Terre contient deux fois moins d'uranium 238 qu'à son origine.



Il faudra 300 ans pour que la quantité de césium 137 rejetée lors de l'accident de Fukushima soit **divisée par mille**.

La même diminution est obtenue au bout de 80 jours pour l'iode radioactif 131 qui a disparu en quelques mois.

1.4

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr - Pictos : Freepik, Kazoar - Illustration : La-fabrique-creative
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



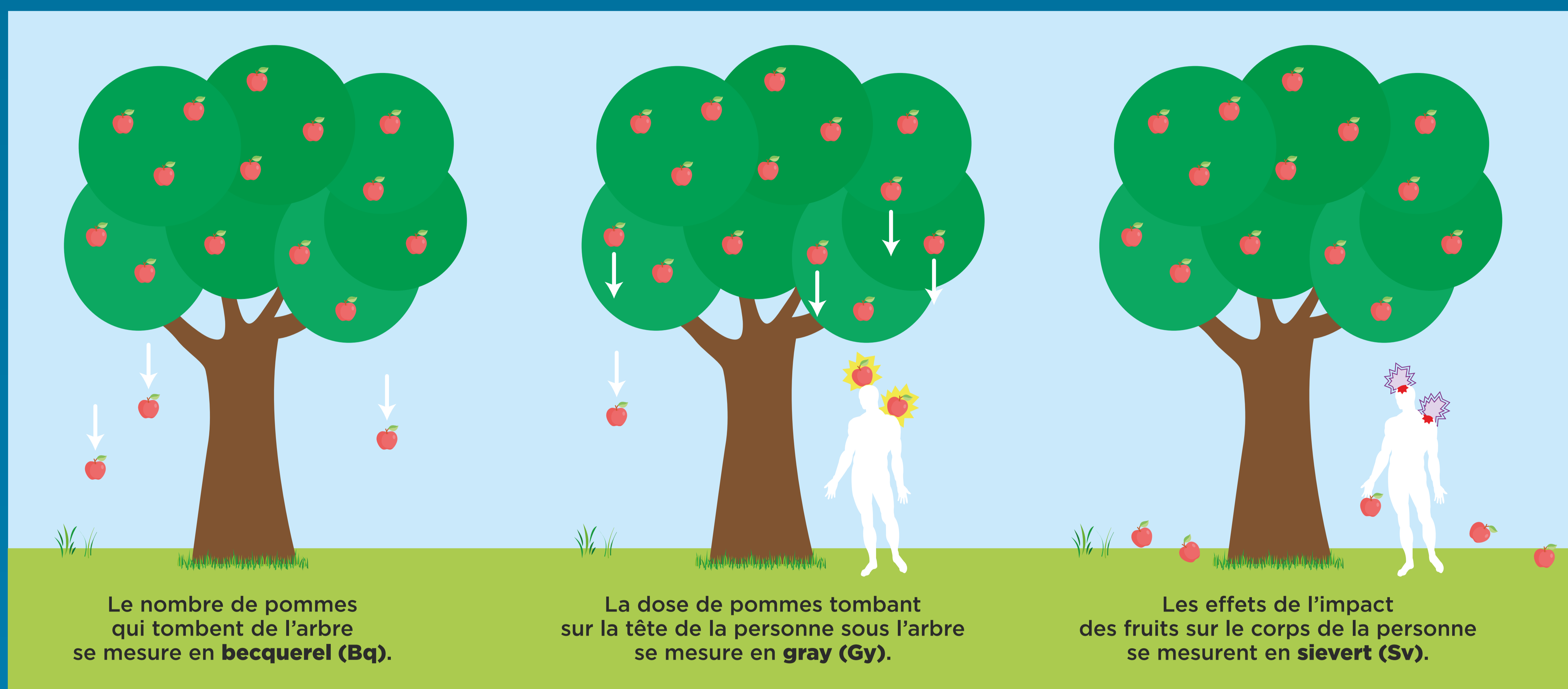
LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

LES UNITÉS DE MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ



Certaines matières sont radioactives: elles émettent des rayonnements avec plus ou moins d'énergie. Pour mesurer précisément la radioactivité, on utilise **3 unités de mesure complémentaires**: le gray, le becquerel et le sievert.

LORSQU'ON COMPARE UN POMMIER À UNE SOURCE RADIOACTIVE



L'ACTIVITÉ D'UNE SOURCE

Le nombre de becquerels correspond au nombre de fois par seconde où la source émet un rayonnement. Plus son nombre est grand, plus l'activité de la source est grande.

Le compteur Geiger sert à mesurer la radioactivité et donne la mesure et chaque désintégration enregistrée est convertie en son.



LA DOSE REÇUE

Le gray est utilisé pour mesurer l'énergie due à la quantité de rayonnement reçue. On parle alors de dose reçue.

Le dosimètre est destiné à mesurer la dose radioactive ou l'équivalent de dose reçue par une personne exposée à un rayonnement radioactif.



LA DOSE EFFICACE

Le sievert est la mesure de la dangerosité. Lorsqu'il s'agit spécifiquement du corps humain, les effets des différents rayonnements varient selon les organes ou tissus touchés. Certains sont plus sensibles que d'autres.

La dose reçue par un organe résulte d'un calcul qui prend en compte différents facteurs. Par exemple, on applique des facteurs de pondération différents selon les organes touchés.

PONDÉRATION SELON LES ORGANES TOUCHÉS PAR LA DOSE REÇUE

- Sein 0,12
- Colon 0,12
- Poumon 0,12
- Estomac 0,12
- Cœur 0,12
- Pancréas 0,12
- Intestin grêle 0,12
- Col utérus 0,12
- Muscles 0,12
- Moelle osseuse 0,12
- Prostate 0,12
- Gonade 0,08
- Vessie 0,04
- Foie 0,04
- Thyroïde 0,04
- Cerveau 0,01
- Peau 0,01

Quelques chiffres



• **0,03 mSv**: un vol Paris/New-York, dose due aux rayonnements naturels cosmiques en haute atmosphère.



• **3 mSv**: un an d'exposition à la radioactivité naturelle en France.



• **Au-delà de 1 Sv (1000 mSv)** reçu en peu de temps, les rayonnements peuvent causer des troubles et des dysfonctionnements avérés, voire entraîner la mort à court ou moyen terme.



• **0,7 mSv**: une radio des poumons.



• **10 mSv**: un scanner.



• **100 mSv**: valeur au-delà de laquelle l'augmentation des risques de cancer a été mesurée.

CALCULEZ LA DOSE REÇUE

Calculez la dose reçue pour votre prochain vol en flashant le QR Code suivant ou sur <http://www.sievert-system.org/>



1.5

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr - Pictos : Freepik, Kazoar - Illustrations : Kazoar - Photos : IRSN
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

TOUS EXPOSÉS



Nous sommes tous exposés en permanence et à faibles doses à la radioactivité, qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle.

RADIOACTIVITÉ NATURELLE OU RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE ?

Des rayonnements venant du cosmos ou de la Terre à l'air que nous respirons, en passant par les aliments que nous mangeons, nous ingérons, chaque jour, des atomes radioactifs naturellement présents dans notre environnement.

Les installations nucléaires génèrent également des rejets et des déchets dans l'air. À l'hôpital, les médecins utilisent également des appareils qui émettent des rayonnements, radios et scanner, pour nous soigner.

Deux types d'exposition sont à prendre en compte : l'exposition artificielle et l'exposition naturelle.



DES NIVEAUX D'EXPOSITION VARIABLES

Notre exposition varie en fonction des habitudes de vie, du lieu d'habitation ou de la fréquence des examens médicaux (radiographies et scanners). Cela conduit à une dose annuelle très différente d'une personne à l'autre.

PAR EXEMPLE

Une personne qui fait beaucoup de ski (altitude), mange une grande quantité de bananes (potassium naturellement radioactif), vit en Bretagne (granite naturellement radioactif) ou encore fait de nombreux examens médicaux ou voyages en avion sera bien plus exposée qu'une autre personne vivant en Île-de-France, fréquentant peu les hôpitaux et séjournant rarement en altitude.

CALCULEZ VOTRE EXPOSITION ANNUELLE

Calculez votre exposition annuelle en flashant le QR Code suivant ou sur <https://expop.irsn.fr/>



1.6

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr - Pictos : Freepik, Kazoar - Photos : Image Supply Co/Adobe Stock, engel ac/Adobe Stock, davidyoung11111/Adobe Stock, monticello/Adobe Stock, kikabu/Adobe Stock, Adobe Stock
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

LA RADIOACTIVITÉ DANS LES ALIMENTS



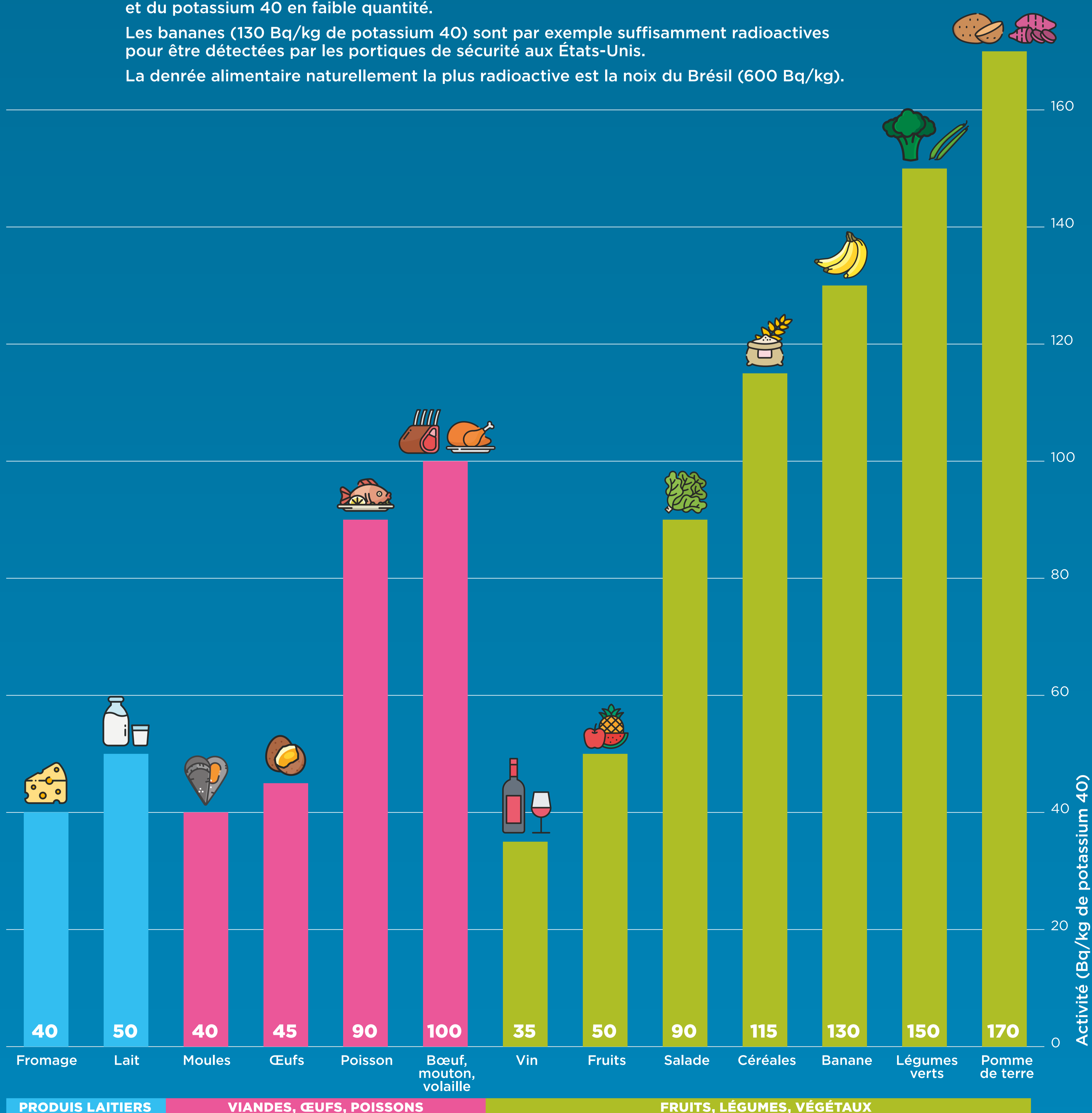
Les aliments que nous consommons sont **naturellement** radioactifs.

DES SUBSTANCES NATURELLEMENT RADIOACTIVES

Tous nos aliments sont un peu radioactifs, car ils contiennent des éléments comme du carbone 14 et du potassium 40 en faible quantité.

Les bananes (130 Bq/kg de potassium 40) sont par exemple suffisamment radioactives pour être détectées par les portiques de sécurité aux États-Unis.

La denrée alimentaire naturellement la plus radioactive est la noix du Brésil (600 Bq/kg).



MESURER PRÉCISÉMENT LA DOSE REÇUE NATURELLEMENT

Selon sa nature, un élément radioactif va se fixer sur un organe ou sur un autre. Le corps ne stocke pas tous ces éléments, il évacue la quantité qui ne lui est pas nécessaire ou l'élimine peu à peu.

Par exemple, seule une quantité limitée de potassium 40 est fixée par le corps, le reste est éliminé. Le carbone 14 s'élimine pour moitié en 40 jours. En revanche, le corps peut stocker le polonium 210 (très présent dans le poisson et les crustacés) sans limite. **0,55 mSv/an** c'est le calcul de la dose moyenne ingérée en France.

Un tableau permet de convertir la quantité de becquerels d'un radioélément ingéré en millisieverts, selon l'âge de la personne. Par exemple, dans les crustacés, il y a naturellement 18 Bq/kg de polonium 210 et 10 Bq/kg dans les petits poissons.

- Imaginons que l'on ait ingéré 100 Bq de polonium 210 en mangeant beaucoup de poisson ou de crustacés (environ 10 kg) :
- un adulte aura une dose de $1,2 \times 10^{-6} \times 10^2 = 0,12 \times 10^{-3}$ sieverts donc 0,12 mSv ;
 - un enfant de 5 ans aura une dose de $4,4 \times 10^{-6} \times 10^2 = 0,44 \times 10^{-3}$ sieverts donc 0,44 mSv.

Radioélément	Âge				
	1 an	5 ans	10 ans	15 ans	Adulte
Potassium 40	$4,2 \times 10^{-8}$	$2,1 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-8}$	$7,6 \times 10^{-9}$	$6,2 \times 10^{-9}$
Carbone 14	$1,6 \times 10^{-9}$	$9,9 \times 10^{-10}$	$8,0 \times 10^{-10}$	$5,7 \times 10^{-10}$	$5,8 \times 10^{-10}$
Polonium 210	$2,6 \times 10^{-5}$	$4,4 \times 10^{-6}$	$2,6 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-6}$

La noix du Brésil est l'aliment naturellement le plus **radioactif**. Elle est composée de **trois cent mille milliards de milliards d'atomes** (300 000 000 000 000 000 000 000). Chaque minute, une vingtaine de ces atomes émettent un rayonnement.

1.7

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoor.fr - Pictos : Freepik, Kazoor - Illustration : FlatIcon, Kazoor
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

FABRIQUER LA RADIOACTIVITÉ



C'est à la fin du XIX^e siècle que l'Homme a compris le **phénomène** naturel de la radioactivité. Cela lui a permis de créer d'autres éléments radioactifs et de les utiliser dans de nombreux domaines : **c'est la radioactivité artificielle.**

LES DÉBUTS DE LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Dans les premiers jours de l'année 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie annonçaient dans une note à l'Académie des sciences qu'ils avaient fabriqué un atome radioactif qui n'existait pas dans la nature.

En bombardant une feuille d'aluminium avec une source de rayons alpha, ils observent en effet l'apparition d'un élément inconnu. Cet élément s'avérera être **un isotope du phosphore, le phosphore 30.**

« J'irradie cette cible avec des rayons alpha provenant de ma source de polonium ; vous pouvez entendre le compteur Geiger cliqueter [...] J'enlève la source : le cliquetis devrait s'arrêter... mais le bruit continue... »

Frédéric Joliot-Curie

LES APPLICATIONS DE LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Des éléments radioactifs comme l'uranium ou le potassium sont présents naturellement dans notre environnement depuis le début de l'univers, car ils ont une longue durée de vie.

Les autres éléments à durée de vie plus courte, qui étaient aussi présents à l'origine de l'univers, ont disparu depuis. On sait cependant aujourd'hui fabriquer ces éléments et en créer d'autres plus ou moins éphémères pour des besoins énergétiques, militaires, médicaux et scientifiques.



ÉLECTRONUCLÉAIRE



INDUSTRIE



RECHERCHE



MÉDECINE



MILITAIRE

1.8

Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr - Pictos : Freepik, Kazoar - Photos : ASN/T. Prat, Medde/Arnaud Bouissou, L. Zylberman/Graphix-Images, commons wikimedia/Motokoka, L. Zylberman/Graphix-Images
Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr



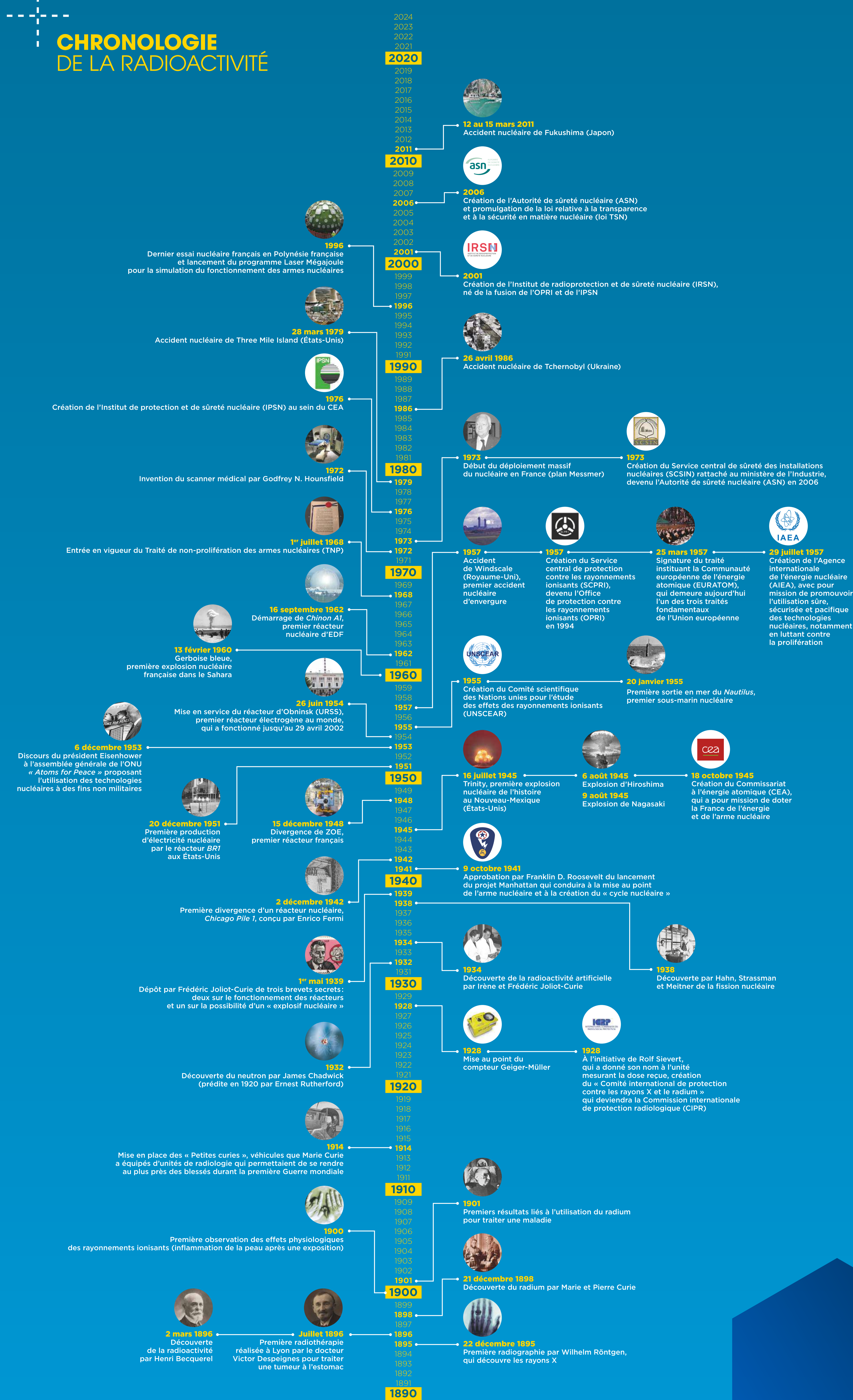
LA RADIOACTIVITÉ, C'EST QUOI ?

LA RADIOACTIVITÉ EN QUELQUES DATES



Depuis sa découverte à la fin du XIX^e siècle, la radioactivité a donné lieu à des applications dans différents domaines (recherche, médical, militaire, électronucléaire, industrie) et une prise en charge des risques associés.

CHRONOLOGIE DE LA RADIOACTIVITÉ



1.9 Conception : Directions de la communication ASN et IRSN - Octobre 2021
 Conception et réalisation graphiques : www.kazoar.fr - Pictos : Freepik, Kazoar - Illustration : Kazoar
 Photos : Commons Wikimedia/Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, P. Labéguerie/CEA, Commons Wikimedia/AEA Imagebank, Commons Wikimedia/United States Department of Energy, Commons Wikimedia/Roland Godfrey, Commons Wikimedia/Philipsson, Commons Wikimedia/Marc Baronne, Commons Wikimedia/PLT, Commons Wikimedia, Commons Wikimedia/Steven D'Hoog, Commons Wikimedia/Pow, Commons Wikimedia/US Navy Commons Wikimedia/Pavel Bykov, Commons Wikimedia/United States Department of Energy, Commons Wikimedia/CEA, Commons Wikimedia/Jack Abby Commons Wikimedia/Charles Levy, Commons Wikimedia/Melvin A. Miller of the Argonne National Laboratory, Commons Wikimedia/Hawkeye 7, Commons Wikimedia, Commons Wikimedia/Agence de presse Meurisse, La-fabrique-creative, Commons Wikimedia/Horst Frank, Commons Wikimedia/Myron Metzbaum, Commons Wikimedia, Commons Wikimedia, Commons Wikimedia/Vitalid Murator, Commons Wikimedia/Paul Neuder, Commons Wikimedia/Graeme Barlett, Commons Wikimedia/Wilhelm Röntgen
 Reproduction interdite sans l'accord de l'ASN/IRSN. Pour toute information : contact@irsn.fr

