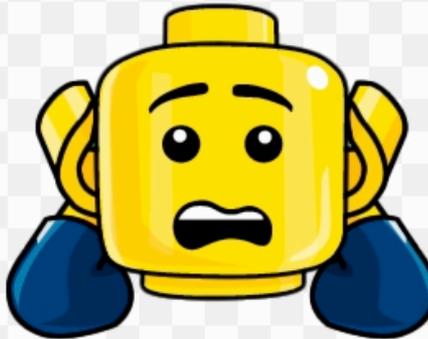


Rayonnements Ionisants

(par delà le bien et le mal)



On ne les voit pas



On ne les entend pas



Mais ce n'est pas une raison pour ne pas en parler !



Rayonnements Ionisants

Radioactivité
Rayons X
Radioprotection
Environnement
Santé



Cours 1 : "Ils" sont partout !

05/11

Cours 2 : Tous irradiés ?

12/11

Cours 3 : Vous avez dit "risque" ?

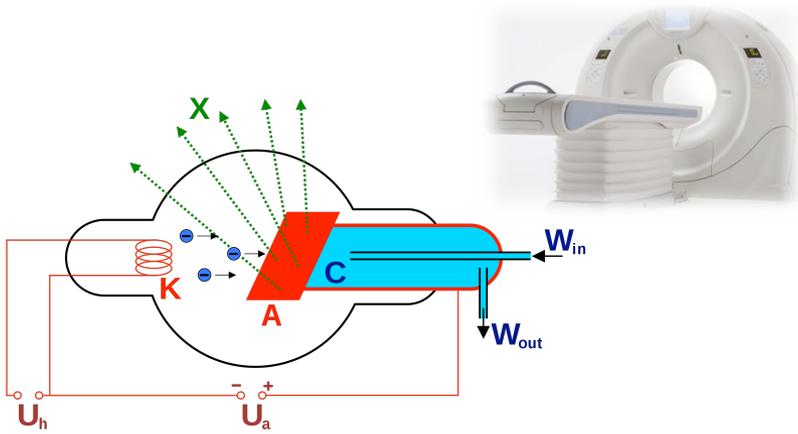
26/11



Physique pour Tous !

Résumé du Cours 1

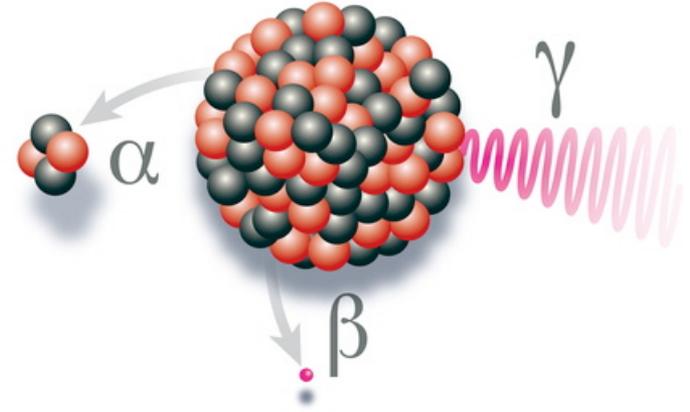
- Principaux types de rayonnements ionisants



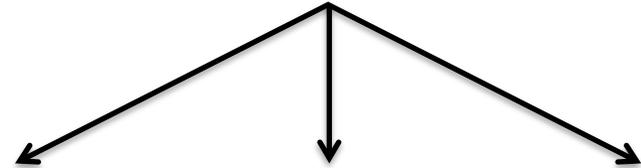
Rayons X



Photons



Radioactivité



Photons
(gamma)

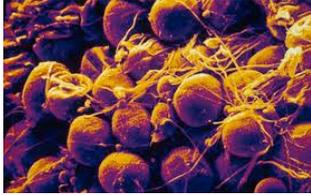
Electrons
(beta)

Noyau ${}^4\text{He}$
(alpha)

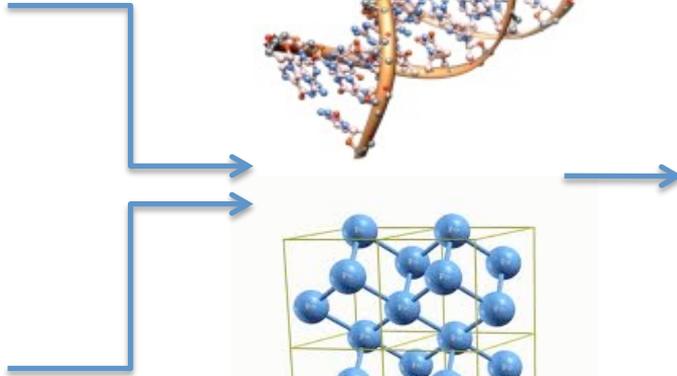
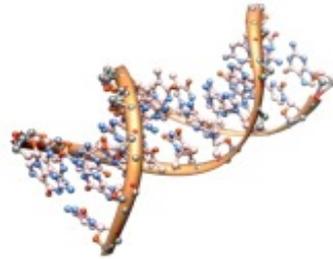
Résumé du Cours 1

- Principaux effets sur la matière (dépend de l'énergie du rayonnement)

Vivant (cellule)

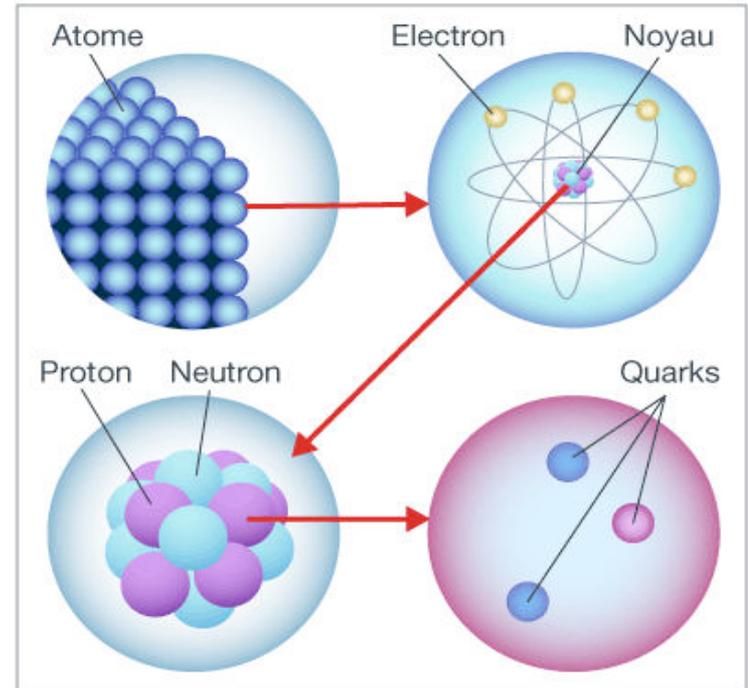


Molécule



Inerte
(cristaux)

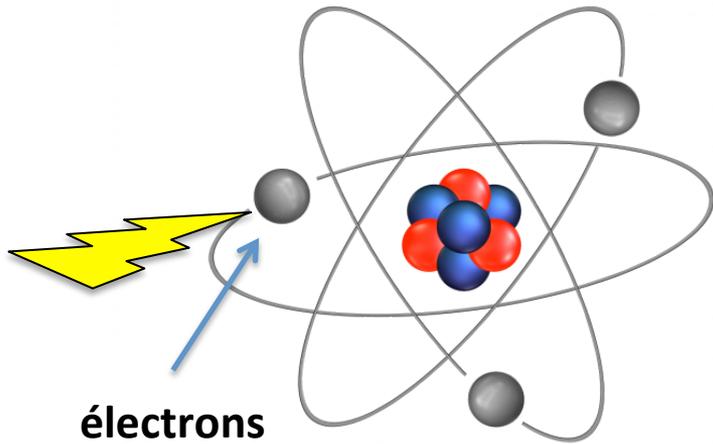
Réseau
d'atomes



Physique pour Tous !

Résumé du Cours 1

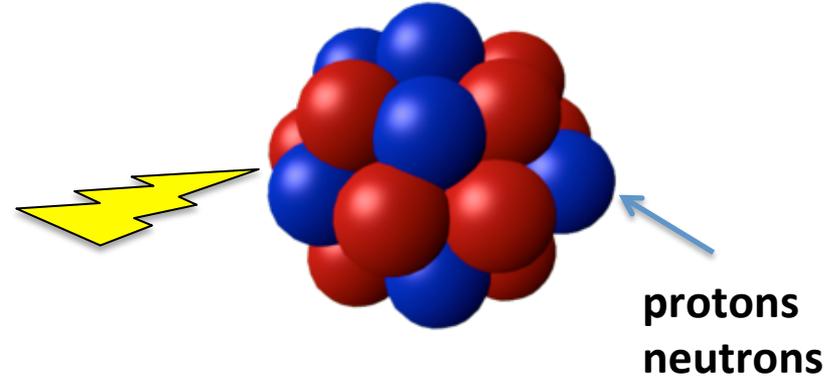
- Principaux effets sur la matière (dépend de l'énergie du rayonnement)



Ionisation



Modifier la structure de l'atome



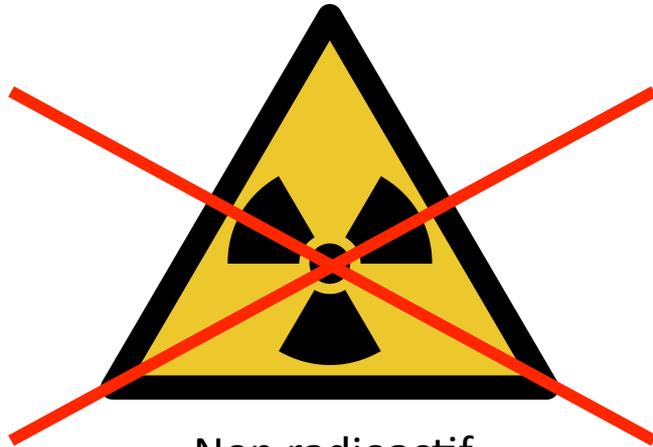
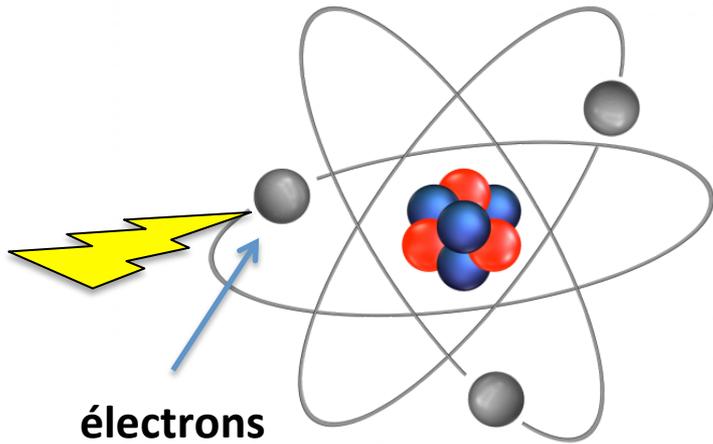
Activation



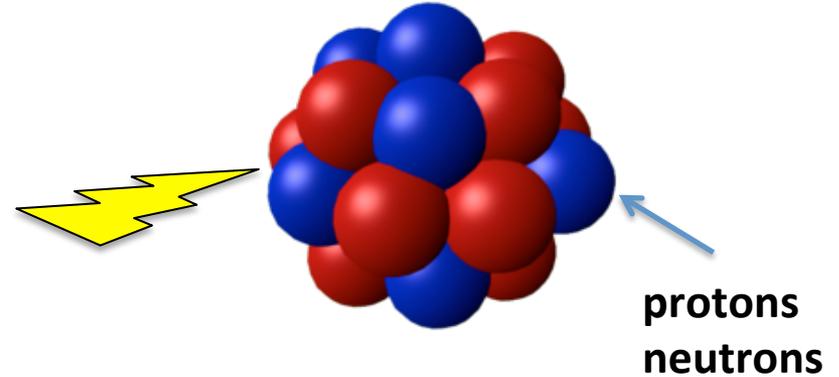
Modifier la structure du noyau

Résumé du Cours 1

- Principaux effets sur la matière (dépend de l'énergie du rayonnement)



Non radioactif



Radioactif

Résumé du Cours 1

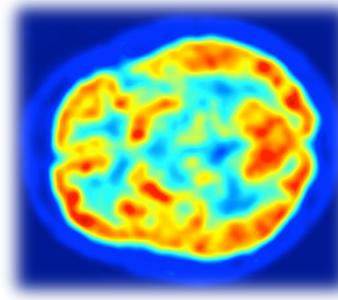
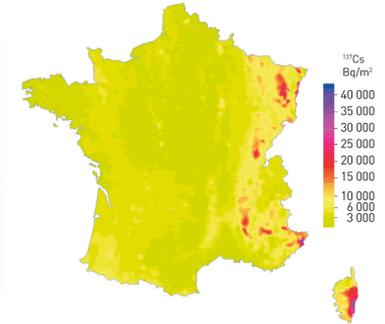
- Principales sources de rayonnements ionisants "au quotidien"



Radioactivité naturelle



Radioactivité artificielle



**Applications
médicales**

Physique pour Tous !

Cours 2 : Quantifier l'irradiation ?

- Mettre en évidence une situation "anormale"

Reporterre
le quotidien de l'écologie

Journal indépendant, sans publicité, en accès libre

Faire un don

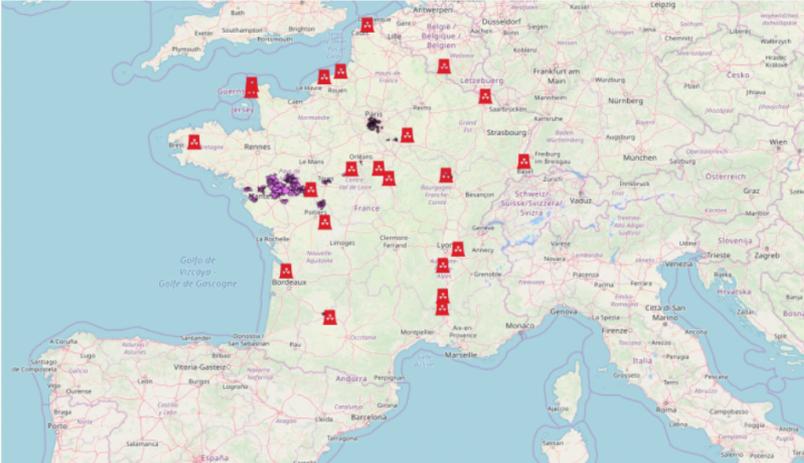
NATURE | **LUTTES** | **ALIMENTATION** | **HUIT JOURS POUR LE CLIMAT** | **TOUTE L'INFO**

Accueil > Editorial > Info >

Une carte de France de l'eau contaminée par du tritium radioactif

18 juillet 2019

Durée de lecture : 3 minutes



DOSSIER **Nucléaire**

Enquête

24 septembre 2019
La PMA, comprendre de quoi l'on parle

À découvrir

Physique pour Tous !

Cours 2 : Quantifier l'irradiation ?

- Estimer les risques



Credit :AFP PHOTO / A. Stepanov

Cours 2 : Quantifier l'irradiation ?

- Estimer les risques



Credit : Condor

Physique pour Tous !

Henri Becquerel, Louis Harold Gray et Rolf Sievert

- Henri Becquerel (1852-1908) : père de la radioactivité
- Louis Harold Gray (1905-1965) : père de la radiobiologie
- Rolf Sievert (1896-1966) : père de la radioprotection



Henri Becquerel



Louis Harold Gray



Rolf Sievert

Physique pour Tous !

Henri Becquerel, Louis Harold Gray et Rolf Sievert

- Henri Becquerel (1852-1908) : père de la radioactivité
- Louis Harold Gray (1905-1965) : père de la radiobiologie
- Rolf Sievert (1896-1966) : père de la radioprotection



Henri Becquerel



Louis Harold Gray

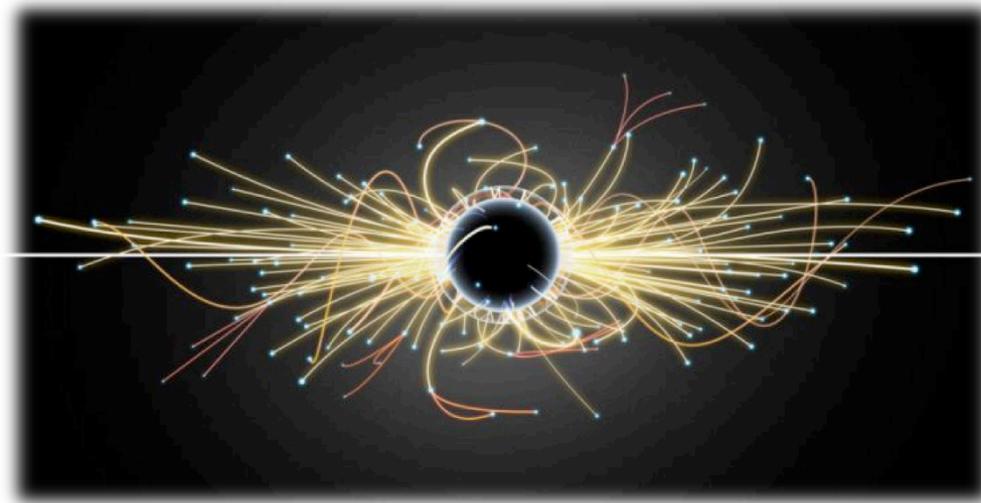


Rolf Sievert

Physique pour Tous !

Source radioactive

- Le nombre de rayonnements émis par une source radioactive dépend :
 - du type de noyau radioactif (\Leftrightarrow nombre de protons et de neutrons)
 - de la quantité de noyaux radioactifs
 - du temps écoulé depuis la formation des noyaux radioactifs



Désintégration radioactive

- Le nombre de noyaux radioactifs décroît **exponentiellement** avec le temps

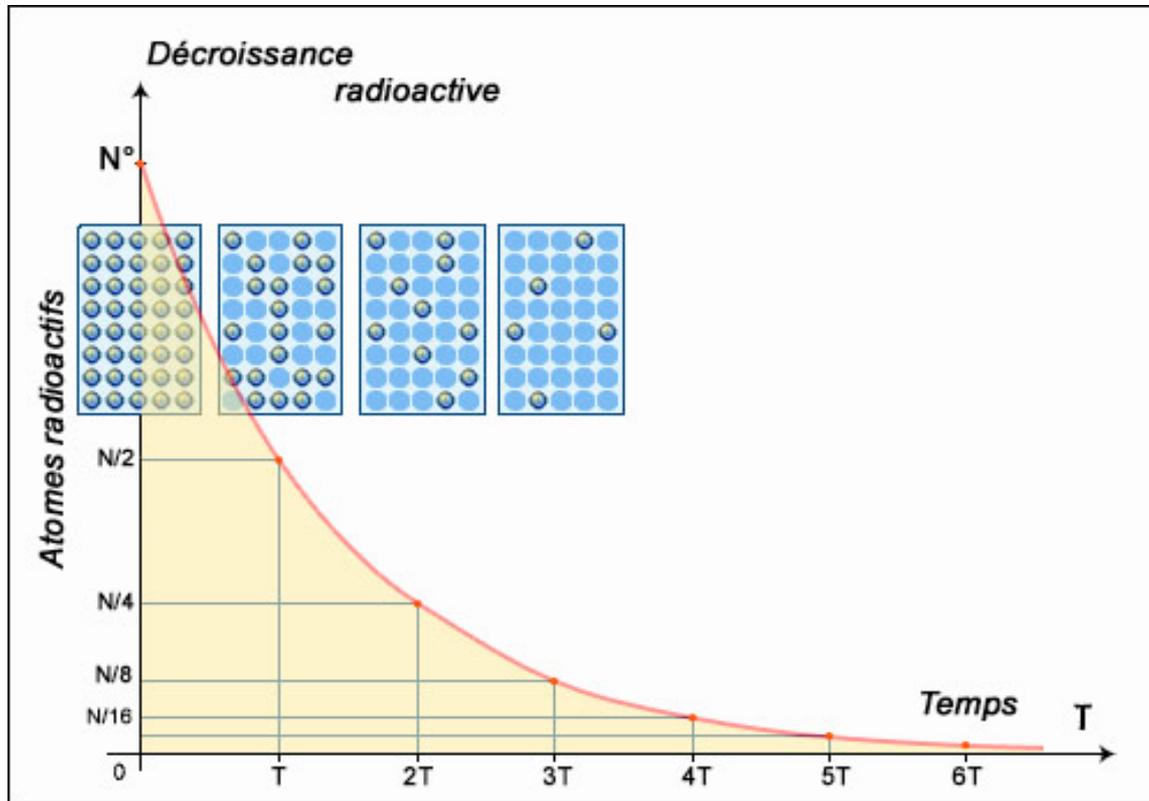
$$N \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/2 \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/4 \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/8 \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/16 \xrightarrow[\times 1/2]{T} \dots$$

=> Une différence constante de temps (T) induit un rapport constant sur le nombre de noyaux (on divise par 2)

Désintégration radioactive

- Le nombre de noyaux radioactifs décroît **exponentiellement** avec le temps

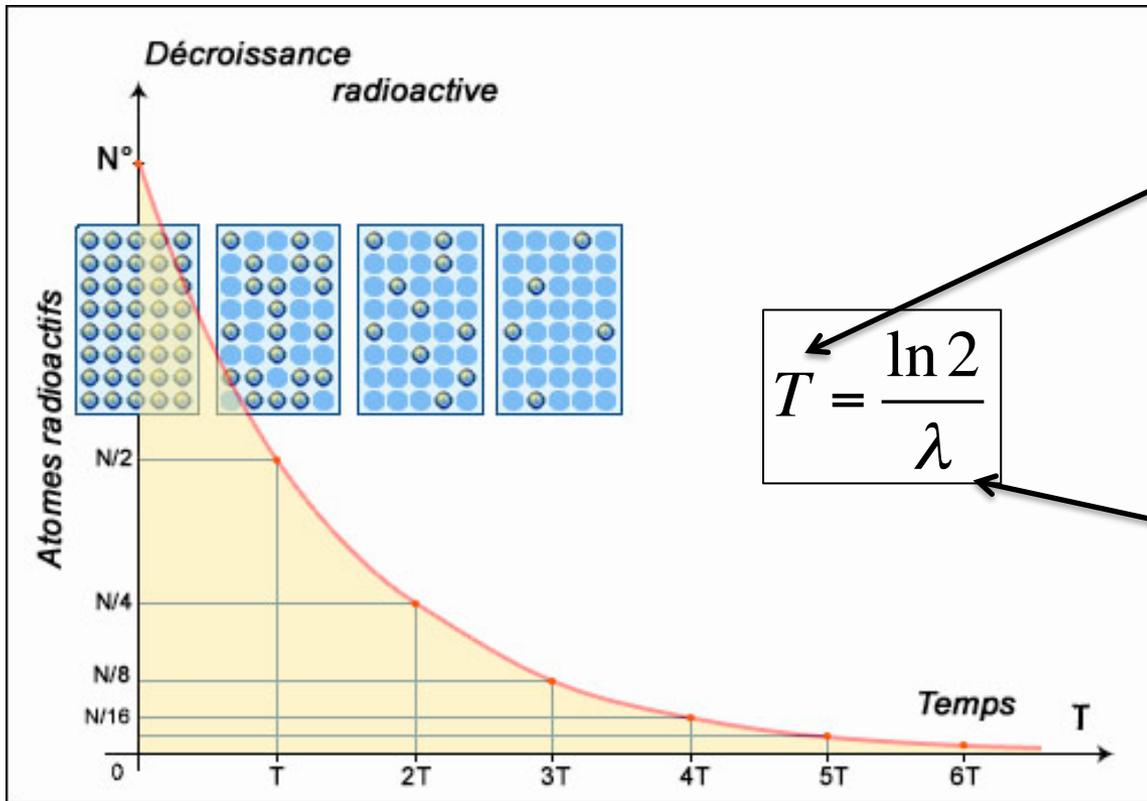
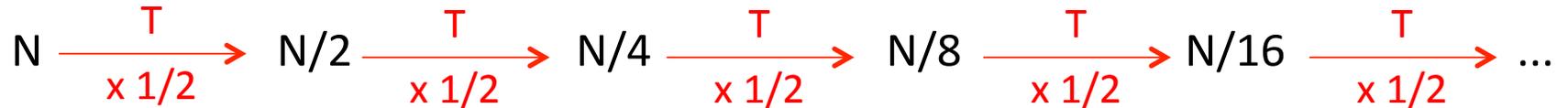
$$N \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/2 \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/4 \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/8 \xrightarrow[\times 1/2]{T} N/16 \xrightarrow[\times 1/2]{T} \dots$$



Crédit : AccesMad

Désintégration radioactive

- Le nombre de noyaux radioactifs décroît **exponentiellement** avec le temps



Crédit : AccesMad

Période

= durée nécessaire pour diviser par 2 le nombre de noyaux

($T = 10^{-27}$ secondes à 10^{22} ans)

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Constante radioactive

= probabilité de désintégration par unité de temps

Activité radioactive

- Activité (A) d'une source radioactive = nombre de désintégrations par seconde

$$A(t) = \lambda N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

probabilité de
désintégration
(par seconde)

nombre de noyaux
radioactifs

Activité radioactive

- Activité (A) d'une source radioactive = nombre de désintégrations par seconde

$$A(t) = \lambda N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

probabilité de
désintégration
(par seconde)

nombre de noyaux
radioactifs

Le nombre de rayonnements émis par une source radioactive dépend :

- du type de noyau radioactif (λ)
- de la quantité de noyaux radioactifs (N)
- du temps écoulé depuis la formation des noyaux radioactifs (t)

Activité radioactive

- Activité (A) d'une source radioactive = nombre de désintégrations par seconde

$$A(t) = \lambda N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

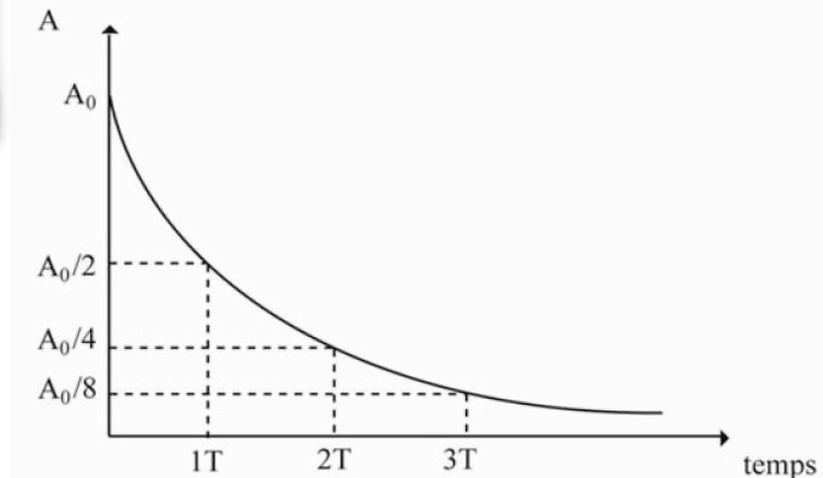
probabilité de
désintégration
(par seconde)

nombre de noyaux
radioactifs

- Unité de mesure : **Le Becquerel [Bq]**



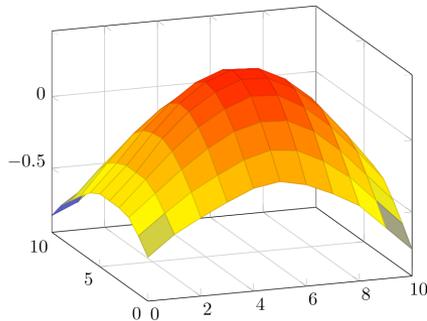
$$1 \text{ Becquerel [Bq]} \\ = \\ 1 \text{ désintégration / seconde}$$



Activité radioactive

- Plusieurs unités dérivées :

- **activité surfacique** \Leftrightarrow Becquerel / m² [Bq/m²]

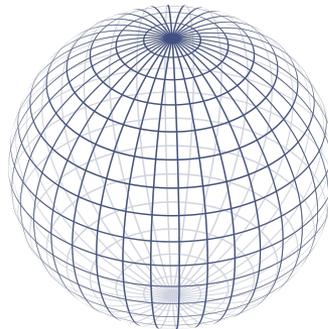
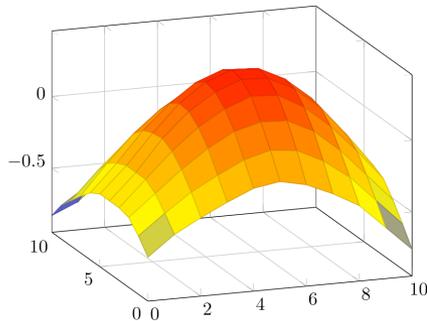


Activité radioactive

- Plusieurs unités dérivées :

- **activité surfacique** \Leftrightarrow Becquerel / m^2 [Bq/m^2]

- **activité volumique** \Leftrightarrow Becquerel / Litre [Bq/L] ou Becquerel / m^3 [Bq/m^3]



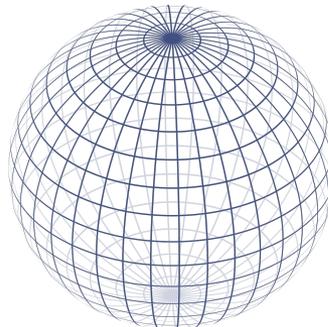
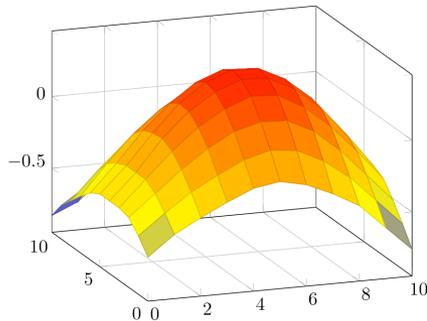
Activité radioactive

- Plusieurs unités dérivées :

- **activité surfacique** \Leftrightarrow Becquerel / m^2 [Bq/m^2]

- **activité volumique** \Leftrightarrow Becquerel / Litre [Bq/L] ou Becquerel / m^3 [Bq/m^3]

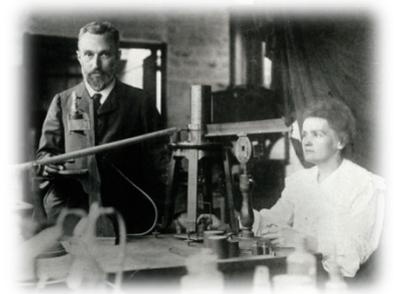
- **activité massique** \Leftrightarrow Becquerel / kilo [Bq/kg]



Activité radioactive

- Plusieurs unités dérivées :
 - **activité surfacique** \Leftrightarrow Becquerel / m² [Bq/m²]
 - **activité volumique** \Leftrightarrow Becquerel / Litre [Bq/L] ou Becquerel / m³ [Bq/m³]
 - **activité massique** \Leftrightarrow Becquerel / kilo [Bq/kg]

- Ancienne unité :
 - 1 Curie (Ci) = activité de 1g de ²²⁶Ra \Leftrightarrow 1 Ci = 3.7 x 10¹⁰ Bq

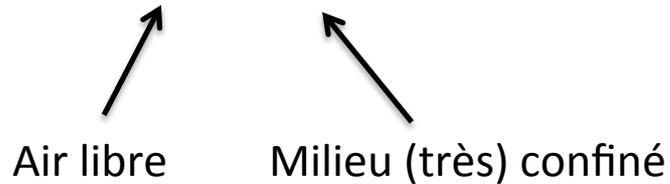


Crédit : Wikipedia

Radioactivité Naturelle

Radioactivité naturelle : Radon

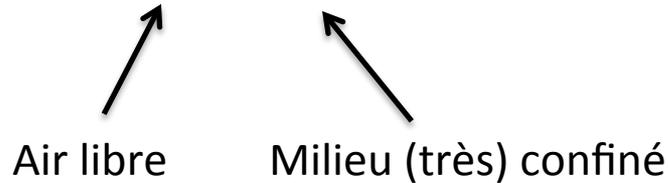
- La **Radon** est la première cause d'irradiation naturelle
- Radon = gaz radioactif (alpha) issu principalement de la désintégration du ^{238}U
- Concentration très variable : de 10 à 10000 Bq par m^3



- **Valeur de référence (France) : 300 Bq / m^3**

Radioactivité naturelle : Radon

- La **Radon** est la première cause d'irradiation naturelle
- Radon = gaz radioactif (alpha) issu principalement de la désintégration du ^{238}U
- Concentration très variable : de 10 à 10000 Bq par m^3



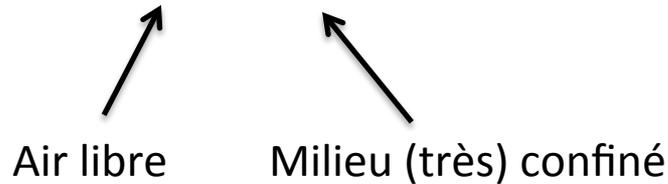
- **Valeur de référence (France) : 300 Bq / m^3**

2^{eme} cause de cancer du poumon ($\approx 10\%$) en France
(voir cours 3 sur le risque radiologique)



Radioactivité naturelle : Radon

- La **Radon** est la première cause d'irradiation naturelle
- Radon = gaz radioactif (alpha) issu principalement de la désintégration du ^{238}U
- Concentration très variable : de 10 à 10000 Bq par m^3



État des risques et pollutions

aléas naturels, miniers ou technologiques, sismicité, potentiel radon et sols pollués

Situation de l'immeuble au regard du zonage réglementaire à potentiel radon

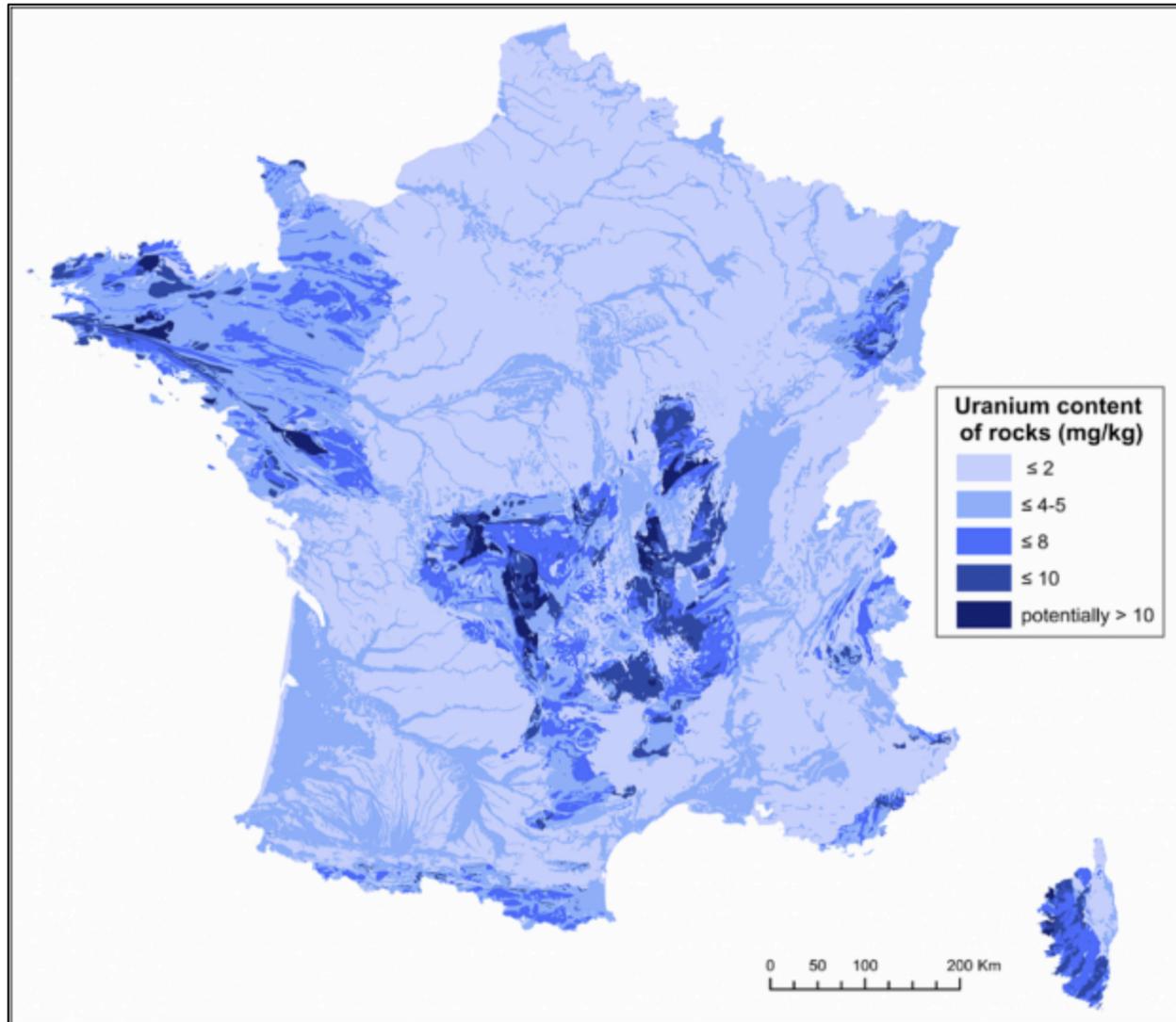
> L'immeuble se situe dans une commune à potentiel radon classée en niveau 3

Oui

Non

(obligatoire depuis 2018)

Radioactivité naturelle : Radon

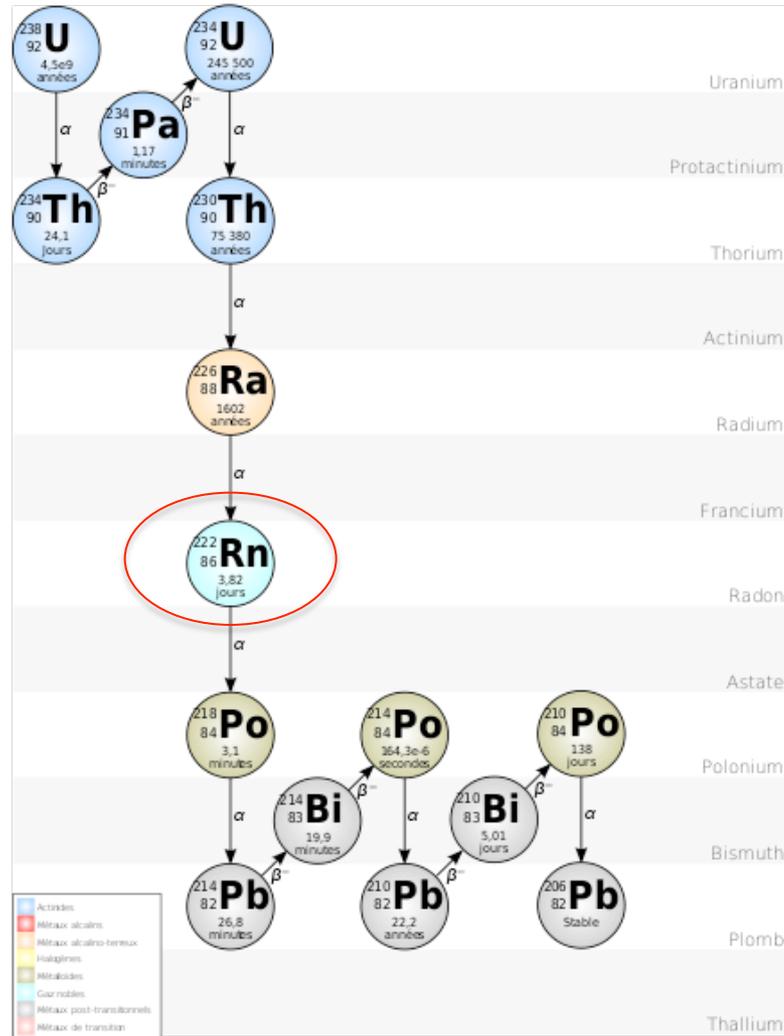


Credit : G. Lelsch

Physique pour Tous !

Radioactivité naturelle : Radon

Chaîne de désintégration du ^{238}U



Radioactivité naturelle : Radon

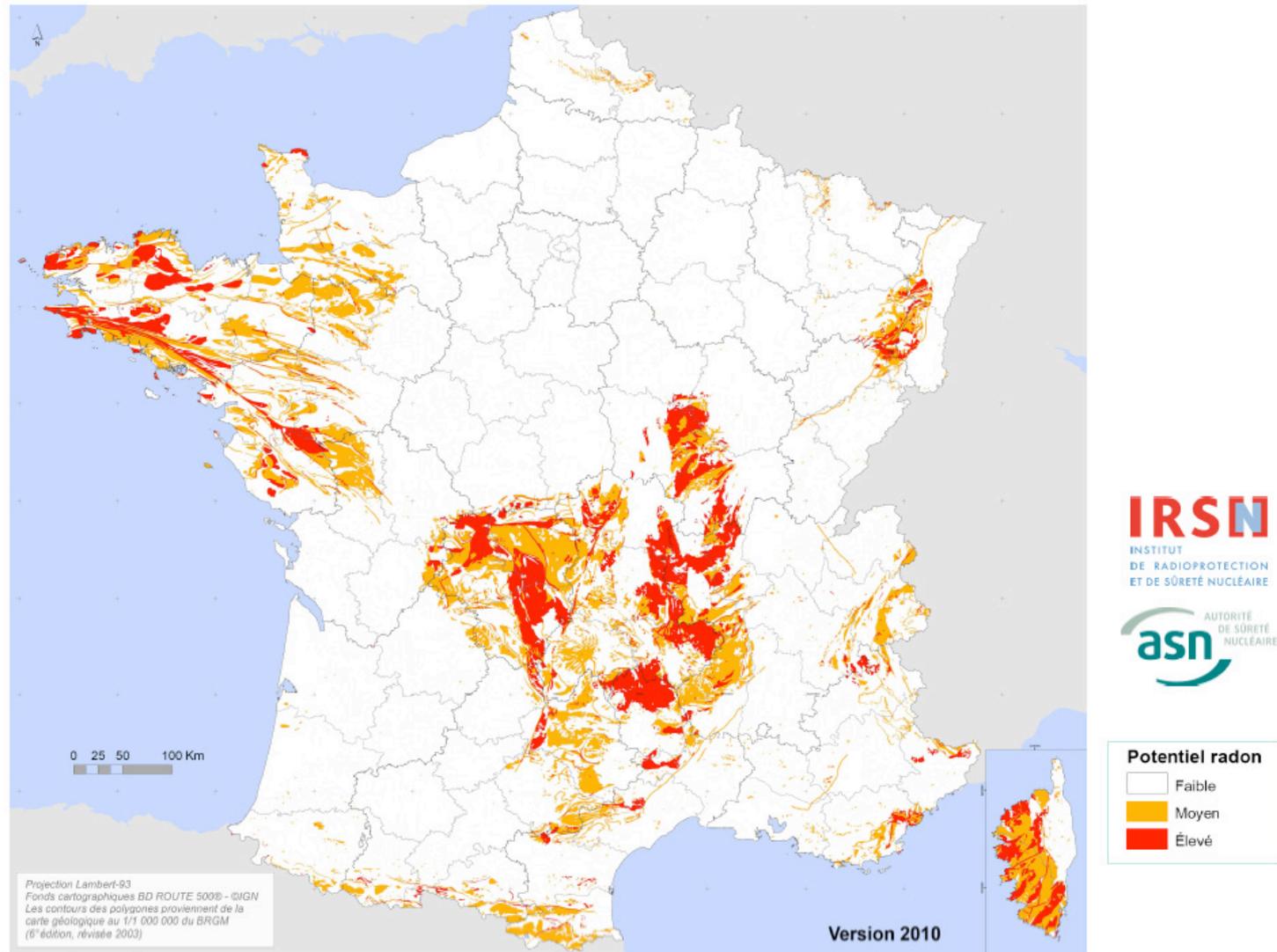
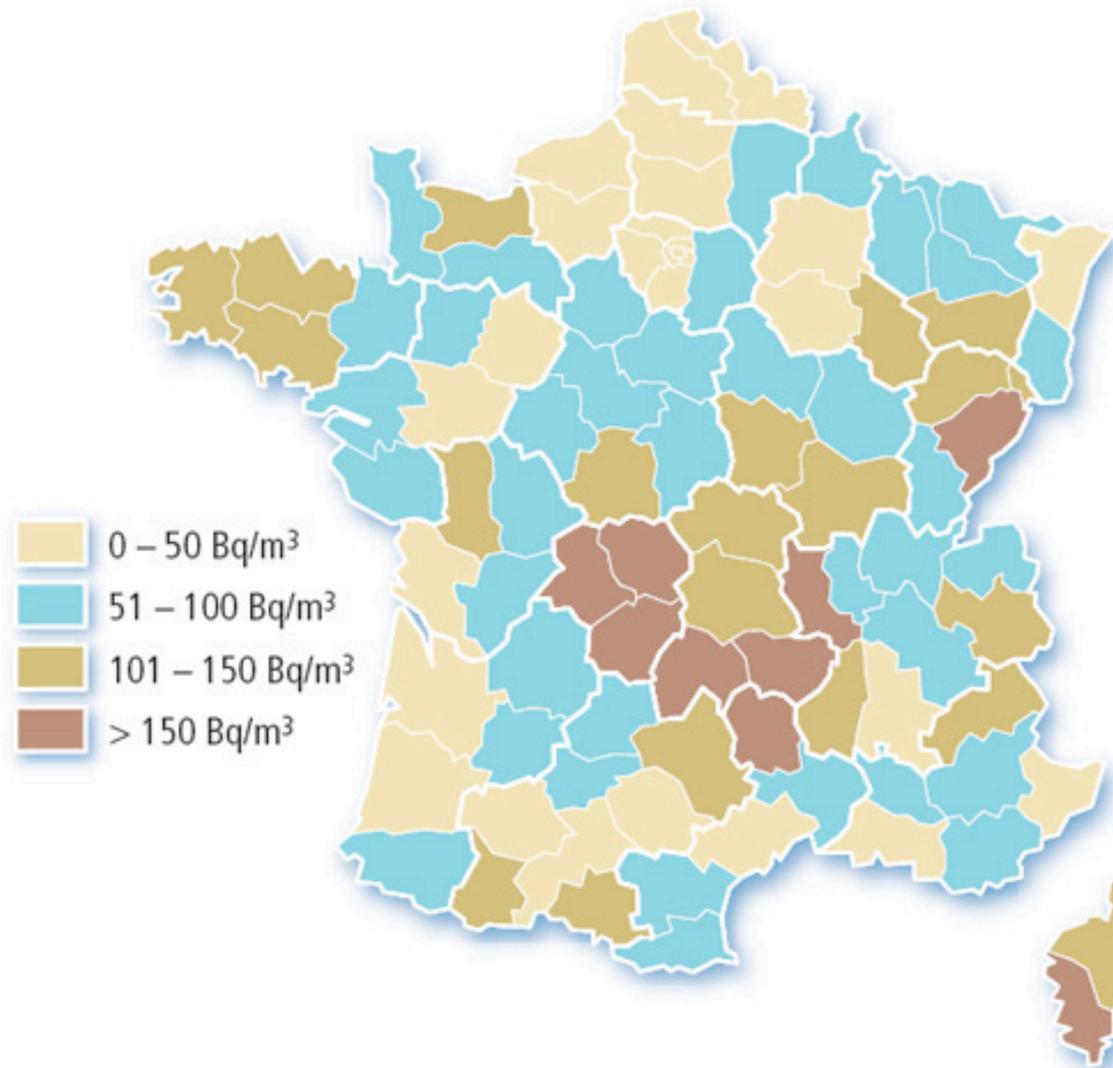


Figure 1 : Carte du potentiel radon des formations géologiques à l'échelle 1:1 000 000, version 2010

Physique pour Tous !

Radioactivité naturelle : Radon



Moyenne des concentrations de Radon dans l'air des habitations (IRSN)

Physique pour Tous !

Radioactivité naturelle : Radon

- Mesures obligatoires dans certains Etablissements Recevant du Public (ERP)
- Possibilité de réaliser des mesures chez soi



1 dosimètre radon

Kit rapide

Votre logement comporte un maximum de 3 pièces. Le kit rapide, qui ne comprend qu'un seul détecteur de radon, est fait pour vous.



Kit Radon (sociétés Algade, Pe@rl, Radonova, ...)
(environ 25-100 euros)

Physique pour Tous !

Radioactivité naturelle : Potassium 40

- Le corps humain est naturellement radioactif (potassium (^{40}K))
- Certains aliments contiennent plus de radioactivité que les autres



2 à 4 Bq / L



130 Bq / kg



80 Bq / L



50 Bq / kg



120 Bq / kg

Physique pour Tous !

Radioactivité naturelle : Potassium 40

- Le corps humain est naturellement radioactif (potassium (^{40}K))
- Certains aliments contiennent plus de radioactivité que les autres



2 à 4 Bq / L



130 Bq / kg



80 Bq / L



50 Bq / kg



120 Bq / kg



600 désintégrations / seconde

Physique pour Tous !

Et en nombre d'atomes ?

- Relation entre l'activité et le nombre de noyaux

$$A(t) = \lambda N(t)$$

probabilité de
désintégration
(par seconde)

nombre de noyaux
radioactifs

Et en nombre d'atomes ?

- Relation entre l'activité et le nombre de noyaux

$$A(t) = \lambda N(t)$$

probabilité de
désintégration
(par seconde)

nombre de noyaux
radioactifs

Exemple : nombre d'atomes de ^{40}K ?



$$A = \lambda N \Leftrightarrow N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A \times T}{\ln 2}$$

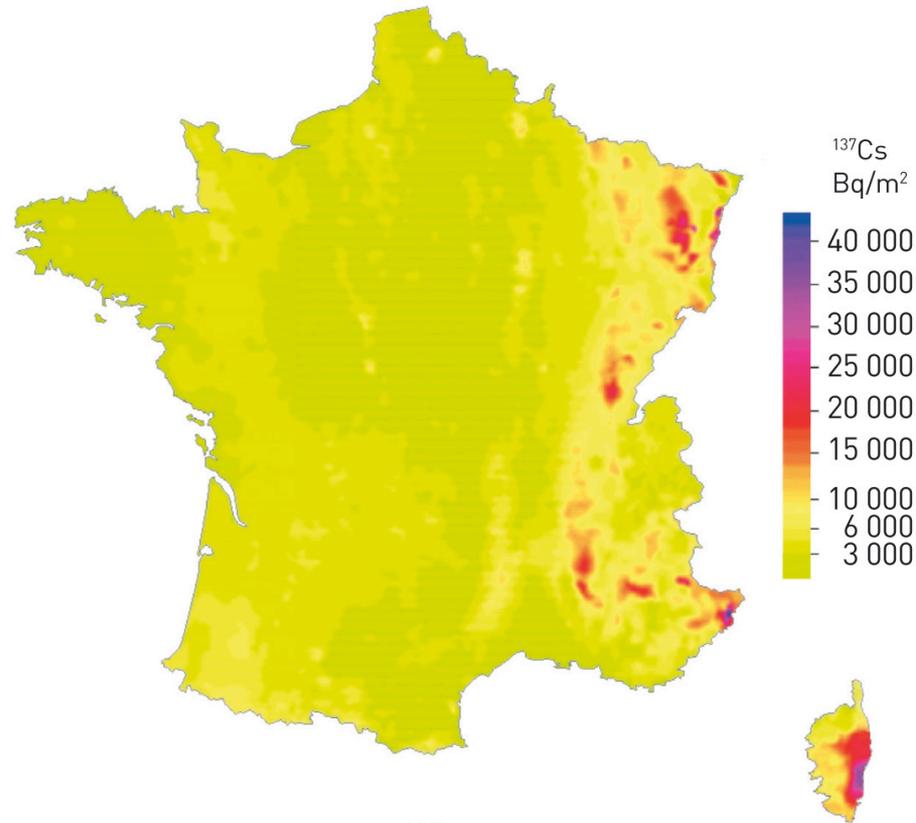
$$T = 1.277 \times 10^9 \text{ ans} \approx 4 \times 10^{16} \text{ secondes}$$

$$600 \text{ Bq} \Leftrightarrow \approx \mathbf{3.5 \times 10^{19} \text{ atomes (!)}}$$

Radioactivité Artificielle

Radioactivité artificielle : Césium 137

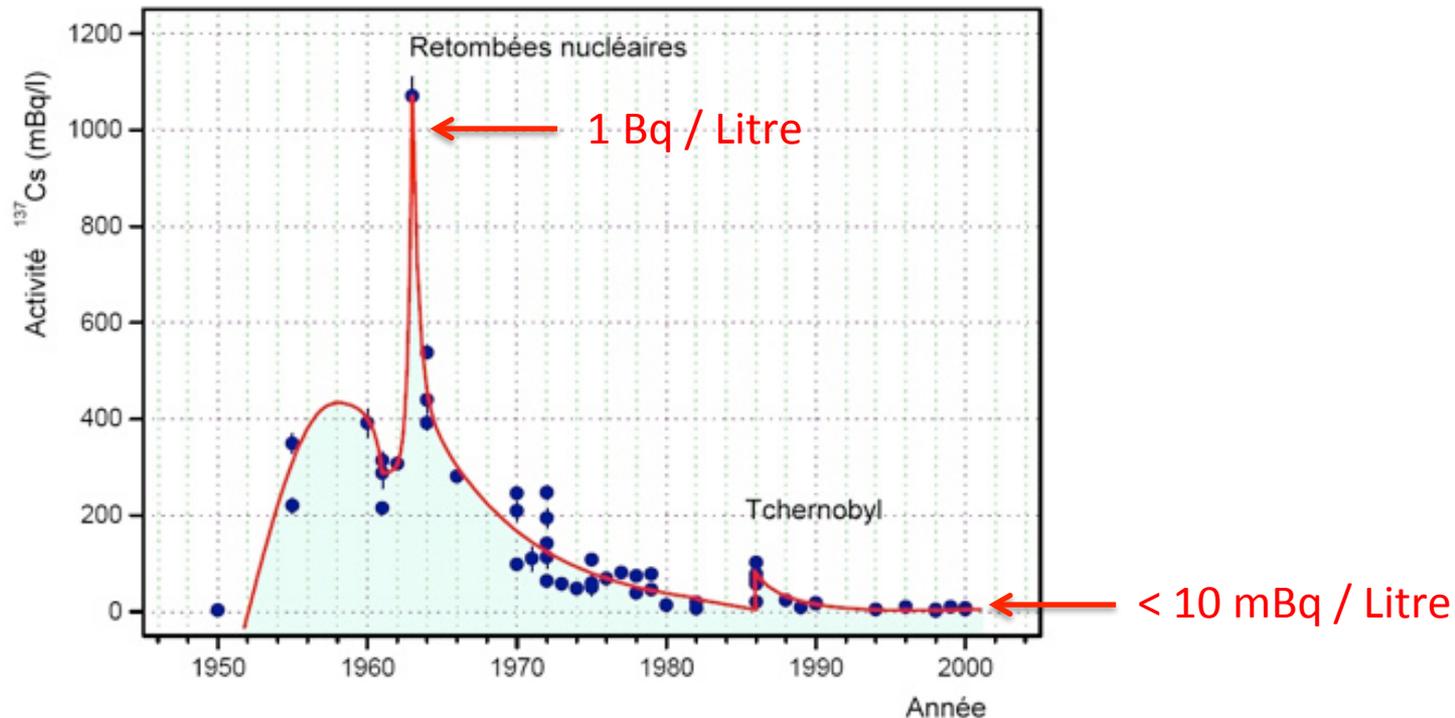
- Le Césium 137 (^{137}Cs) est un élément radioactif d'origine anthropique
- Issu principalement des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl (1986)



Dépôt de ^{137}Cs dans les sols - IRSN

Radioactivité artificielle : Césium 137

- Le Césium 137 (^{137}Cs) est un élément radioactif d'origine anthropique
- Issu principalement des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl (1986)

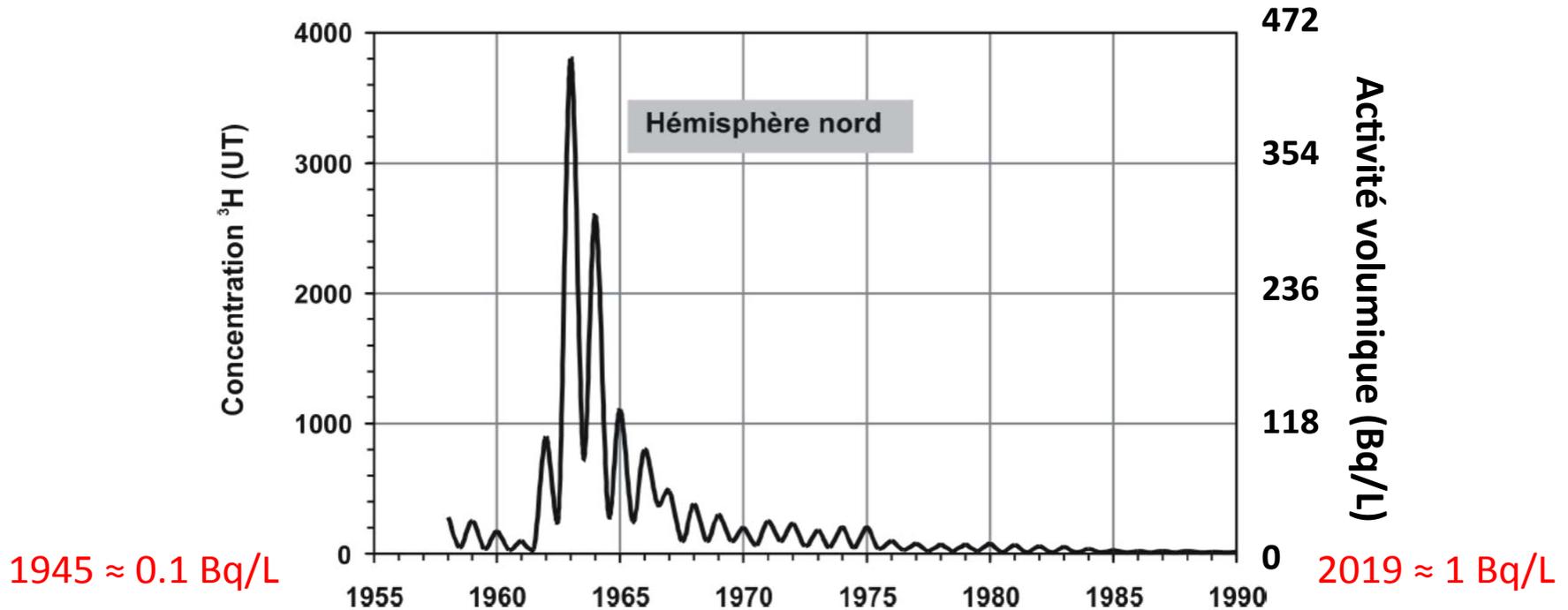


Concentration en ^{137}Cs dans les vins de Bordeaux (CENBG)

Physique pour Tous !

Radioactivité artificielle : Tritium

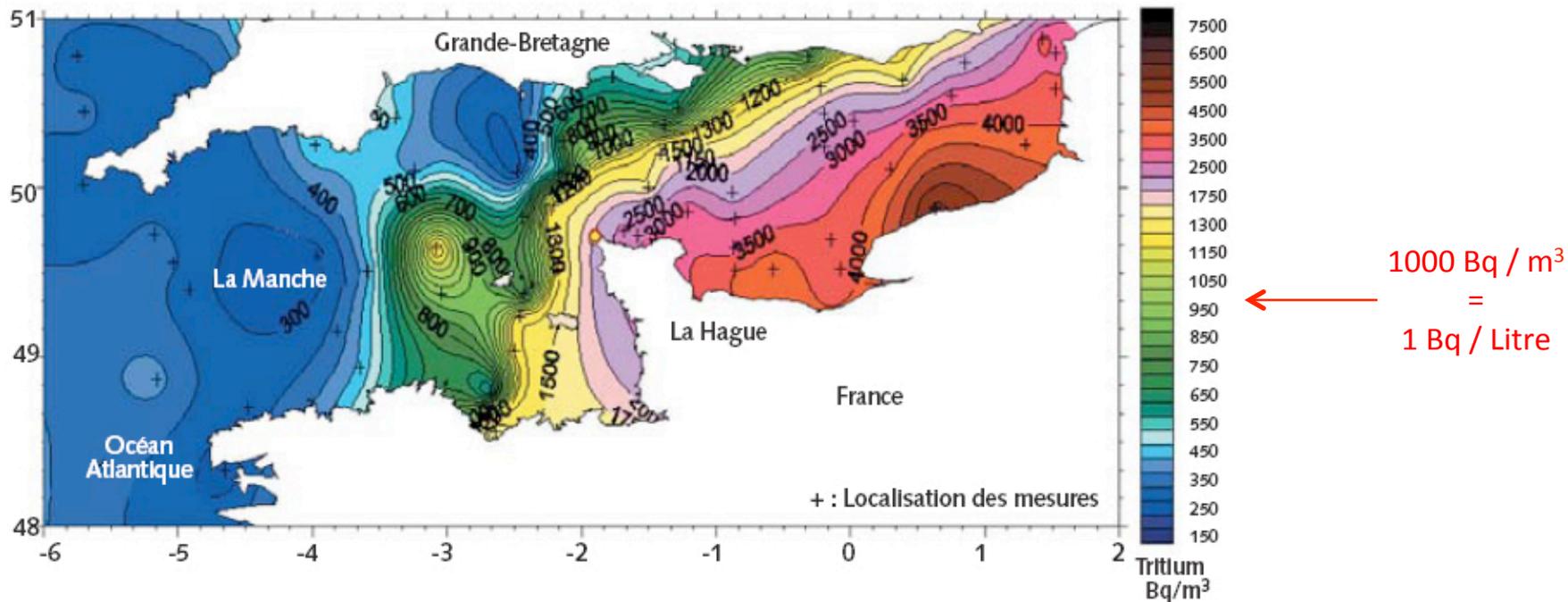
- Le Tritium (^3H) est un élément radioactif (en partie) d'origine anthropique
- Issu principalement des essais nucléaires et de la production d'électricité d'origine nucléaire



Concentration en ^3H dans l'eau de pluie de l'hémisphère nord (AIEA)

Radioactivité artificielle : Tritium

- Le Tritium (^3H) est un élément radioactif (en partie) d'origine anthropique
- Issu principalement des essais nucléaires et de la production d'électricité d'origine nucléaire



Suivi océanographique des rejets de ^3H de l'usine de La Hague (IRSN)

Rejets radioactifs ?

- Le Tritium (^3H) et le Carbone 14 (^{14}C) sont les deux principaux rejets radioactifs des installations nucléaires en fonctionnement normal
- Les rejets sont soumis à des limites imposées par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)



<https://www.asn.fr/>

Rejets radioactifs ?

- Le Tritium (^3H) et le Carbone 14 (^{14}C) sont les deux principaux rejets radioactifs des installations nucléaires en fonctionnement normal
- Les rejets sont soumis à des limites imposées par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)

Exemple : EPR de Flamanville



Physique pour Tous !

Rejets radioactifs ?

- Le Tritium (^3H) et le Carbone 14 (^{14}C) sont les deux principaux rejets radioactifs des installations nucléaires en fonctionnement normal
- Les rejets sont soumis à des limites imposées par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)

Exemple : EPR de Flamanville



JORF n°0232 du 7 octobre 2018
texte n° 46

Décision n° 2018-DC-0639 du 19 juillet 2018 de l'Autorité de sûreté nucléaire fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base n° 108, n° 109 et n° 167 exploitées par Electricité de France (EDF) dans la commune de Flamanville

Rejets radioactifs ?

- Le Tritium (^3H) et le Carbone 14 (^{14}C) sont les deux principaux rejets radioactifs des installations nucléaires en fonctionnement normal
- Les rejets sont soumis à des limites imposées par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)

Exemple : EPR de Flamanville

▸ Section 3 : Limites de rejet des effluents liquides

3. Rejets d'effluents radioactifs liquides

[EDF-FLA-223] L'activité des effluents liquides radioactifs n'excède pas les limites annuelles suivantes :

Paramètres	Limites annuelles (GBq)
Tritium	$145\,000 + 10\,000 \times N(1) (2)$
Carbone 14	280
Iodes	0,12
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	13

(1) N : nombre de réacteurs des INB n° 108 et n° 109 ayant une gestion du combustible à haut taux de combustion
(2) Les limites applicables pour une gestion du combustible à haut taux de combustion n'entrent en vigueur qu'après décision de l'Autorité de sûreté nucléaire. Dans les cas où différents modes de gestion de combustible seraient mis en œuvre sur un même réacteur au cours d'une année calendaire, la limite annuelle sera calculée prorata temporis des durées de fonctionnement respectives des deux modes de gestion du combustible. La durée d'arrêt de réacteur compte pour le cycle précédent.

Quantifier l'irradiation ?

- Cas de l'alerte au tritium (^3H) en Juillet 2019

Reporterre
le quotidien de l'écologie

Journal indépendant, sans publicité, en accès libre

Faire un don

NATURE | **LUTTES** | **ALIMENTATION** | **HUIT JOURS POUR LE CLIMAT** | **TOUTE L'INFO**

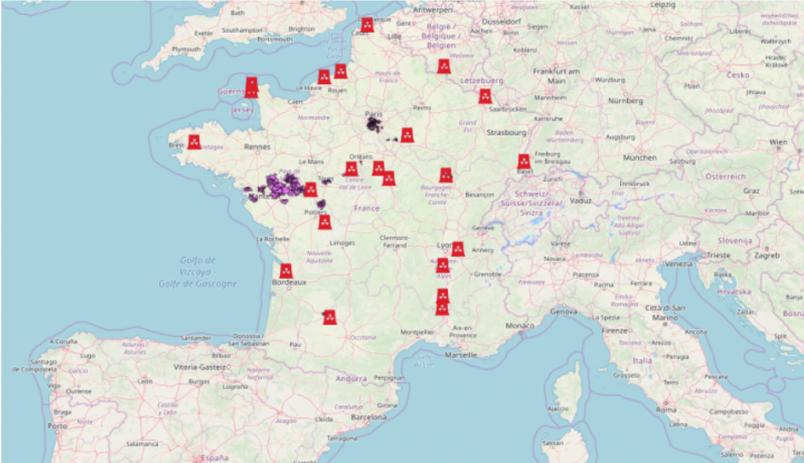
Accueil > Editorial > Info >

Une carte de France de l'eau contaminée par du tritium radioactif

18 juillet 2019

Durée de lecture : 3 minutes

📄 🗨️ 📱 📄 📄



DOSSIER **Nucléaire**

Enquête

24 septembre 2019
La PMA, comprendre de quoi l'on parle

À découvrir



Physique pour Tous !

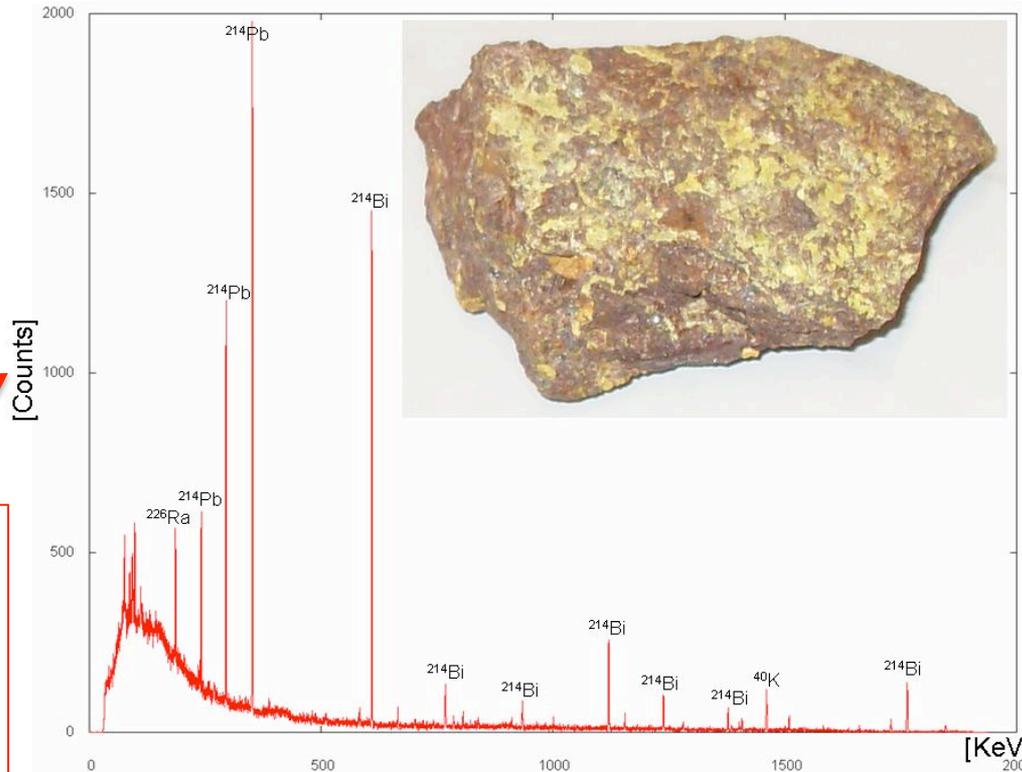
Quantifier l'irradiation ?

- Cas de l'alerte au tritium (^3H) en Juillet 2019
- Quelques chiffres :
 - taux moyen de ^3H dans l'eau entre 1 et 4 Bq/L
 - certaines villes présentent un taux jusqu'à 30 Bq/L
 - seuil de référence en France : 100 Bq/L
 - seuil de référence de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : 10000 Bq/L
- L'OMS estime que boire 2L / jour d'eau avec un taux de 10000 Bq/L pendant 1 an correspond à la même exposition qu'un vol Paris-Tokyo

(vérification à la fin de ce cours)

Comment mesurer l'activité ?

- Spectrométrie gamma pour les laboratoires

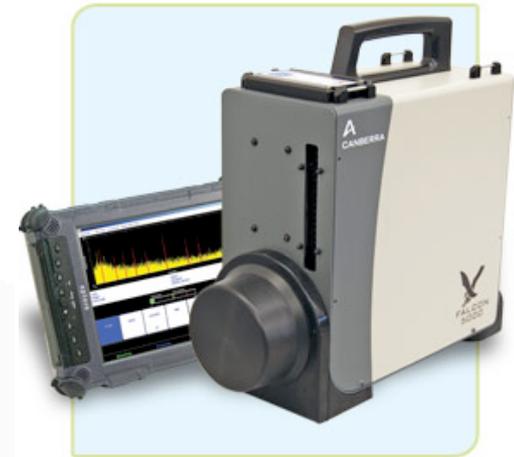


Nombre de photons détectés = **Activité**

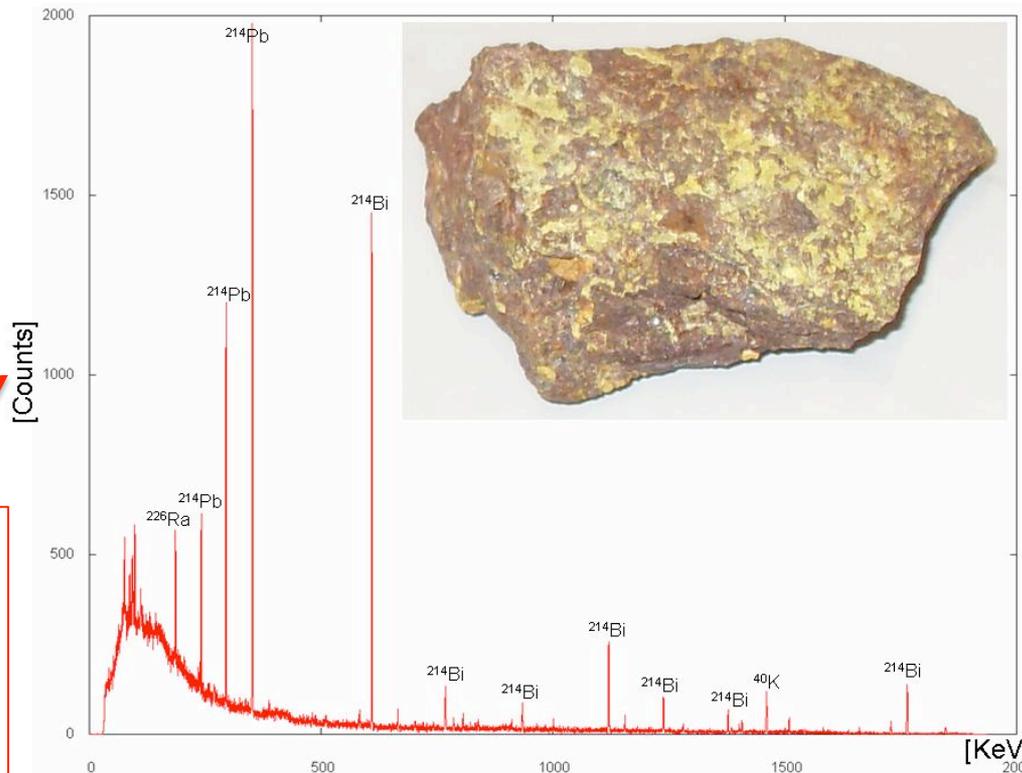
Energie des photons = **Identification des noyaux**

Comment mesurer l'activité ?

- Spectrométrie gamma pour les laboratoires



≈ 10000 - 200000
Euros !!



Nombre de
photons
détectés
=
Activité

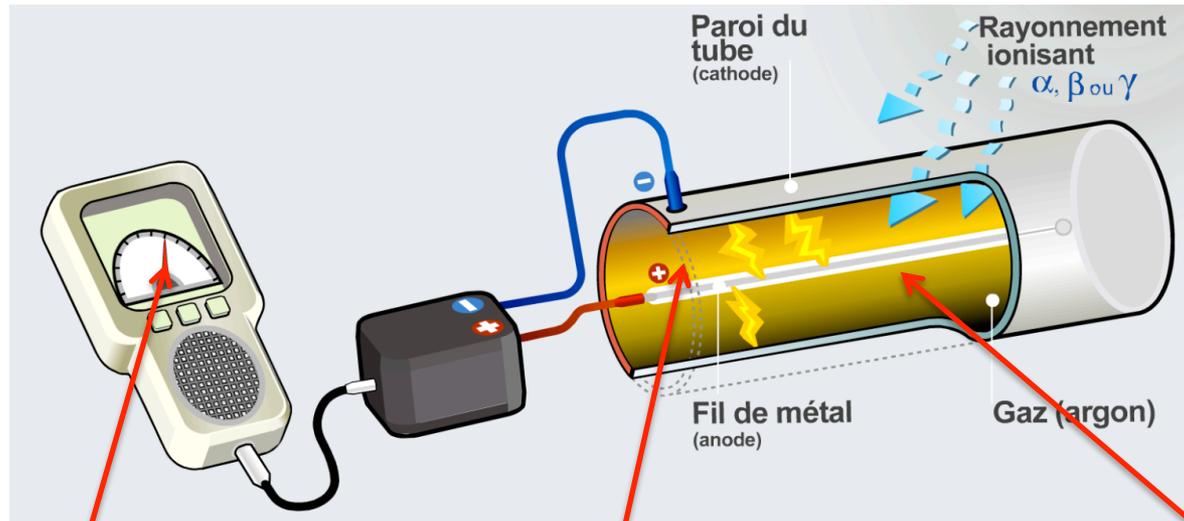
Energie des
photons
=
Identification
des noyaux

Physique pour Tous !

Comment mesurer l'activité ?

- **Compteur Geiger** pour les particuliers

Le compteur Geiger-Muller (1928)



3) on mesure un courant électrique

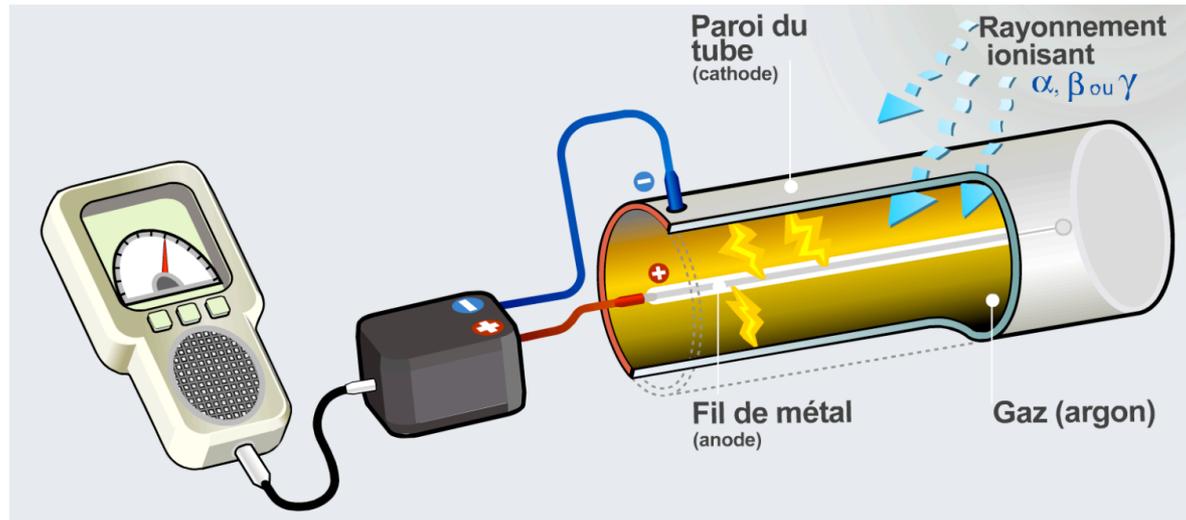
2) les électrons sont mis en mouvement par un champ électrique (\Leftrightarrow **courant**)

1) les rayonnements arrachent les électrons du gaz (ionisation)

Comment mesurer l'activité ?

- **Compteur Geiger** pour les particuliers

Le compteur Geiger-Muller (1928)



- > On mesure un nombre de coups par seconde (1 rayonnement détecté = 1 coup)
- > Pas d'identification des noyaux (pas de mesure de l'énergie)

Comment mesurer l'activité ?

- **Compteur Geiger** pour les particuliers



≈ 200 euros



≈ 120 euros



≈ 100 euros

Physique pour Tous !

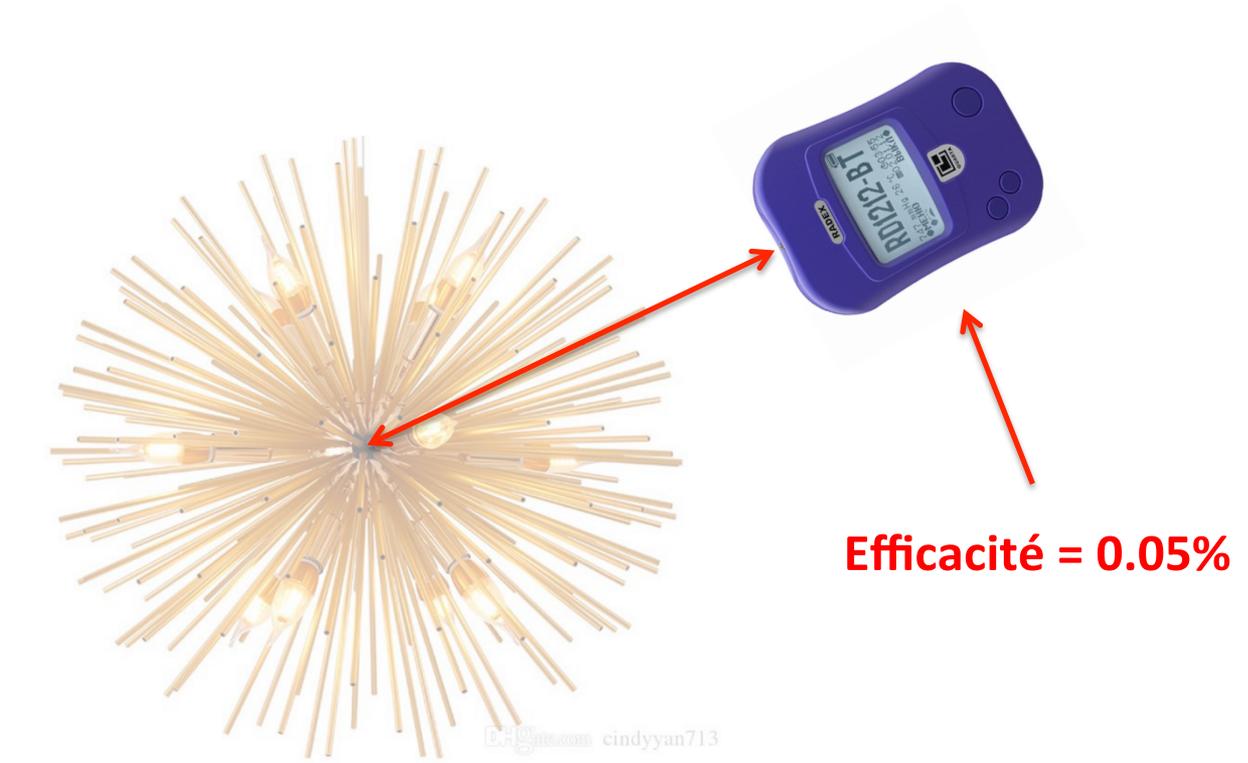
Comment mesurer l'activité ?

- Mesure-t-on exactement l'activité de la source radioactive ?



Comment mesurer l'activité ?

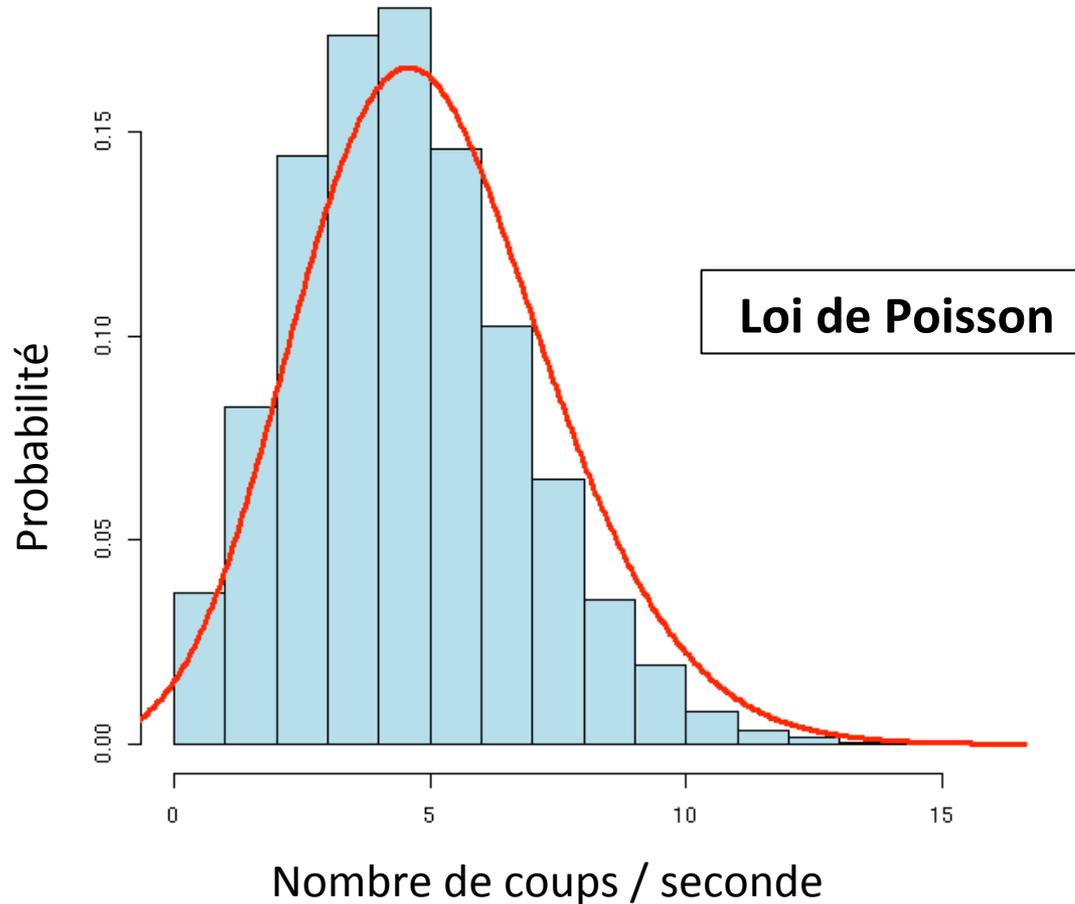
- Mesure-t-on exactement l'activité de la source radioactive ?
=> **NON (seulement un très faible pourcentage)**



Exemple : source de 10000 Bq \Leftrightarrow on mesure environ 5 coups / seconde

Comment mesurer l'activité ?

- Mesure-t-on exactement l'activité de la source radioactive ?
=> **NON (la radioactivité est un processus aléatoire)**



Comment mesurer l'activité ?

- **Avec un compteur-geiger :**



YES

- on peut détecter certains rayonnements ionisants (photons, électrons, ...)
- on peut mettre en évidence une situation "anormale" (éléments radioactifs)



NO

- on ne connaît pas le type de noyaux radioactifs
- on ne connaît pas l'activité radioactive
- on ne peut pas mesurer les faibles niveaux de radioactivité (efficacité)

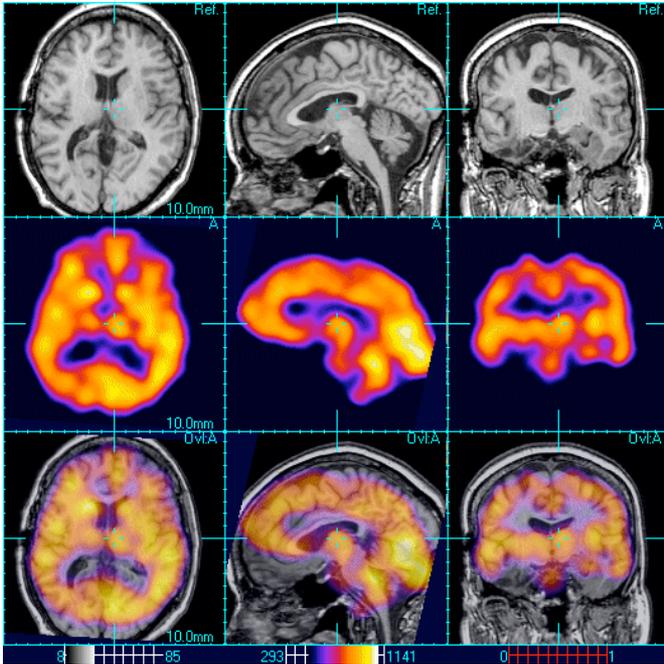
- **Conseils de mesure**

- 1) commencer toujours par une mesure du niveau de radioactivité ambiant
- 2) faire des mesures (très) longues (et les refaire plusieurs fois)
- 3) analyser les résultats en relatif (par rapport à la mesure (1))

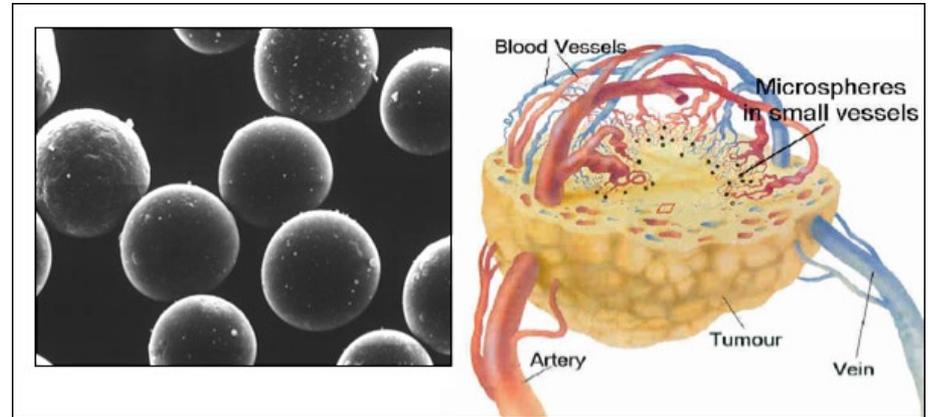
Radioactivité Médicale

Radioactivité médicale

- Utilisation de sources radioactives en médecine nucléaire



Imagerie



Thérapie

Physique pour Tous !

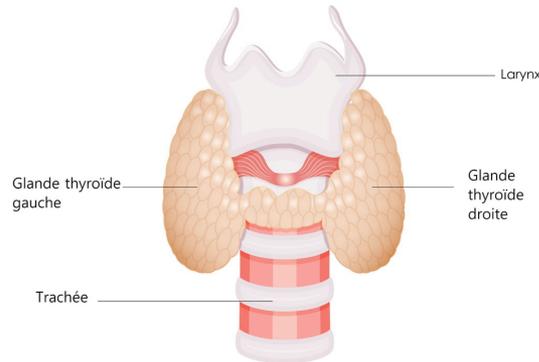
Radioactivité médicale

- Exemples d'activité radioactive injectée en médecine nucléaire :

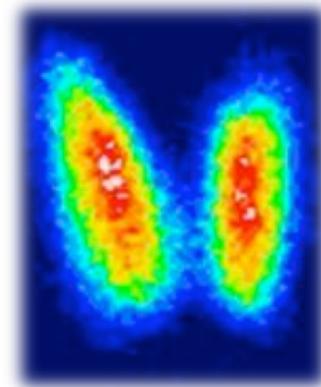
Imagerie : scintigraphie

- injection d'Iode 123 (^{123}I)
- période (T) de 13.2 heures
- activité injectée $\approx 10^7$ Bq (10 MBq)

GLANDE THYROÏDE



Credit : Stockshoppe - 123RF



Radioactivité médicale

- Exemples d'activité radioactive injectée en médecine nucléaire :

Radiothérapie interne : cancer de la thyroïde

- injection d'Iode 131 (^{131}I)
- période (T) de 8 jours
- activité injectée $\approx 3.7 \times 10^9$ Bq (3.7 GBq) (100 fois plus qu'en imagerie)



Physique pour Tous !

Henri Becquerel, Louis Harold Gray et Rolf Sievert

- Henri Becquerel (1852-1908) : père de la radioactivité
- Louis Harold Gray (1905-1965) : père de la radiobiologie
- Rolf Sievert (1896-1966) : père de la radioprotection



Henri Becquerel



Louis Harold Gray



Rolf Sievert

Dose absorbée [Gray]

- Dose (D) = énergie déposée dans un volume par unité de masse

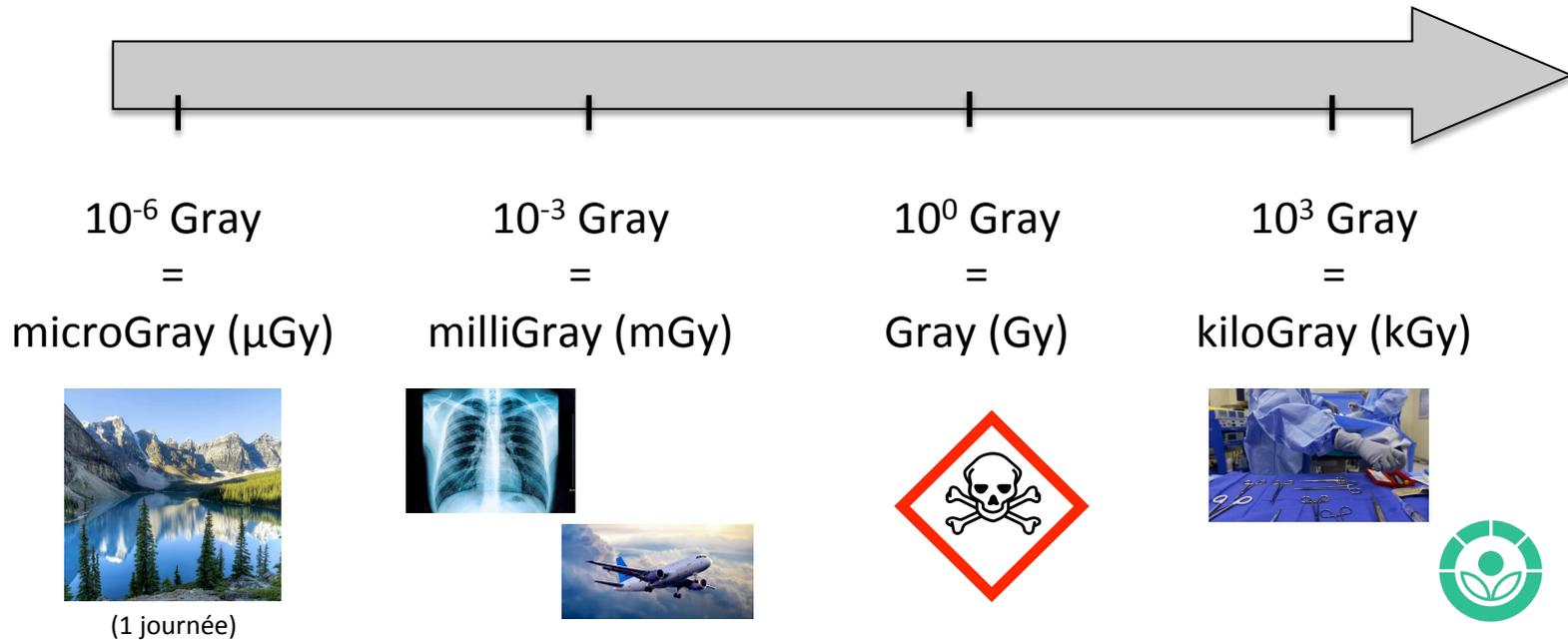
$$Dose [Gray] = \frac{Energie [J]}{masse [kg]}$$



Dose absorbée [Gray]

- Dose (D) = énergie déposée dans un volume par unité de masse

$$Dose [Gray] = \frac{Energie [J]}{masse [kg]}$$



Effets sur le vivant ?

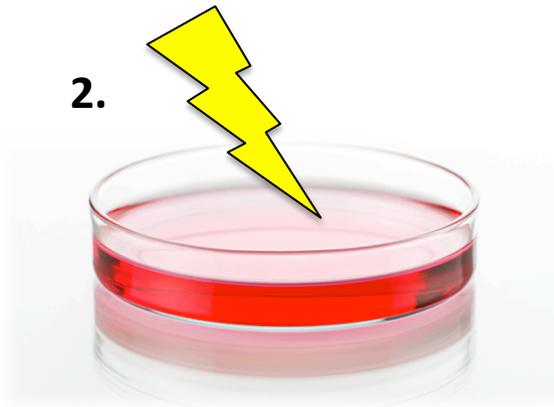
Expérience de radiobiologie :

1. Préparation de cultures cellulaires
2. Irradiation
3. Comptage des cellules vivantes / mortes

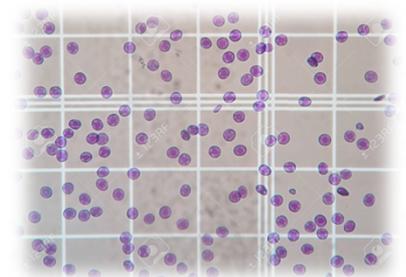
1.



2.

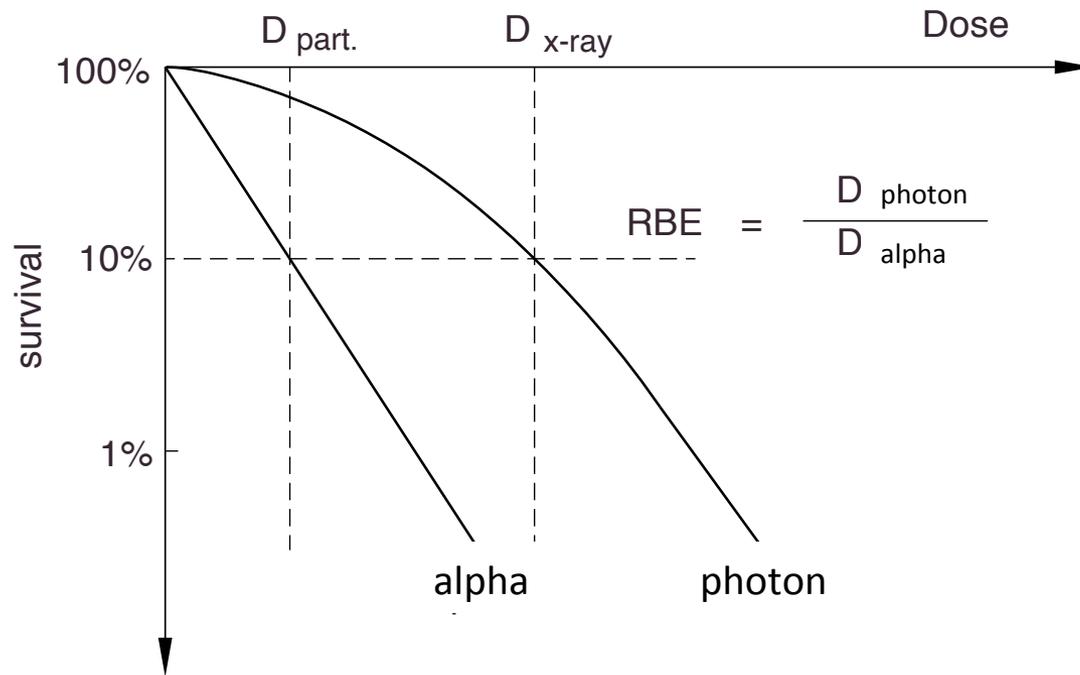


3.



Effets sur le vivant ?

- Taux de survie (très) différent en fonction du type de rayonnement
- Efficacité biologique relative (EBR) = $\text{Dose}_{\text{photon}} (\text{survie}) / \text{Dose} (\text{survie})$



Physique pour Tous !

Dose biologique [Sievert]

- Taux de survie (très) différent en fonction du type de rayonnement
- Efficacité biologique relative (EBR) = $\text{Dose}_{\text{photon}} (\text{survie}) / \text{Dose} (\text{survie})$

$$\text{Dose biologique [Sievert]} = \text{Dose [Gray]} \times \text{EBR}$$

unité de mesure du
risque radiologique

unité de mesure
physique



Dose biologique [Sievert]

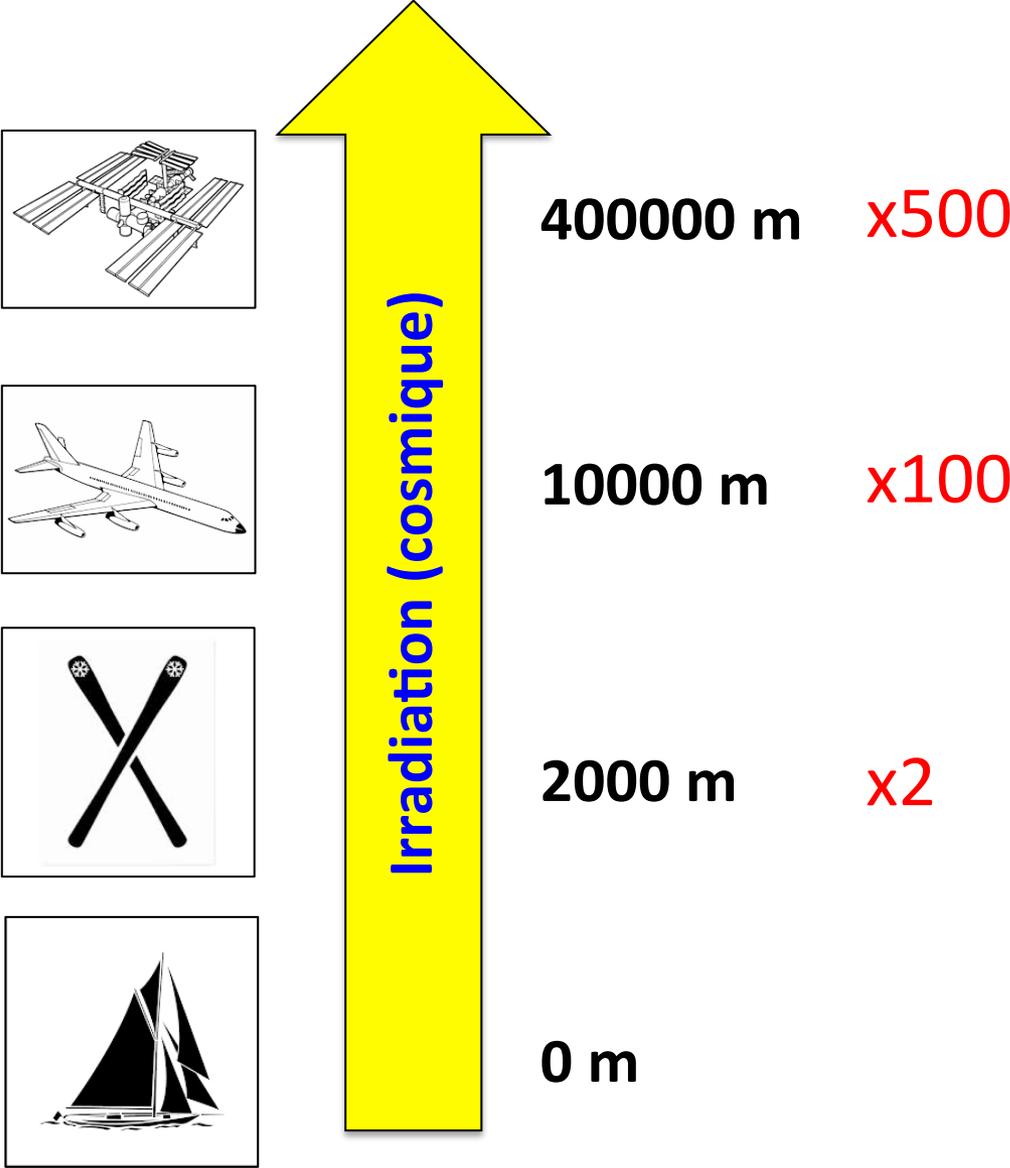
- Taux de survie (très) différent en fonction du type de rayonnement
- Efficacité biologique relative (EBR) = $\text{Dose}_{\text{ref}}(\text{survie}) / \text{Dose}(\text{survie})$

$$\text{Dose biologique [Sievert]} = \text{Dose [Gray]} \times \text{EBR}$$

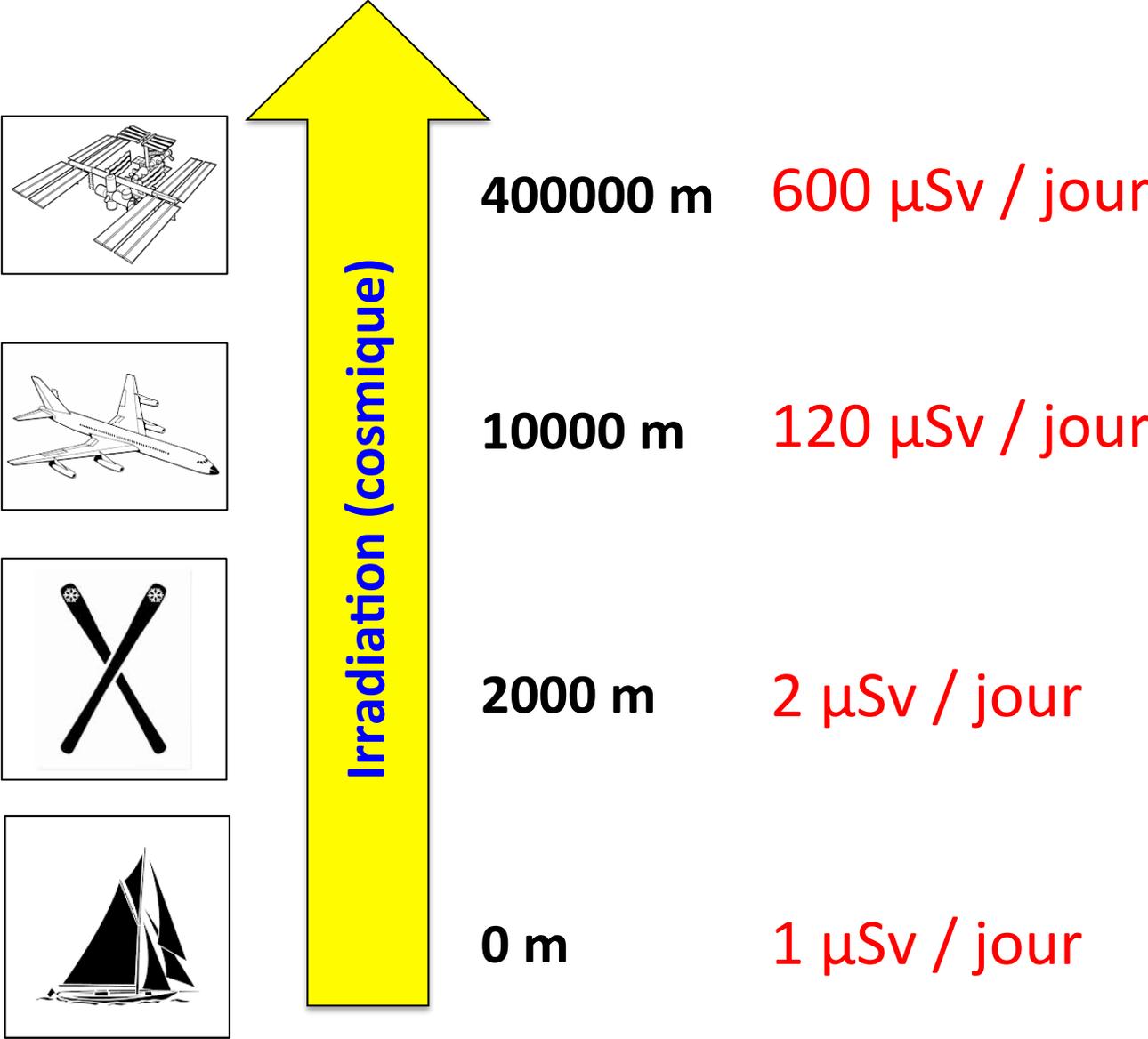


Type de rayonnement	Facteur de pondération pour les rayonnements, w_R	
Photons	1	1 Gy = 1 Sv
Électrons ^a et muons	1	1 Gy = 1 Sv
Protons et pions chargés	2	1 Gy = 2 Sv
Particules alpha, fragments de fission, ions lourds	20	1 Gy = 20 Sv

Exemple : rayonnements cosmiques

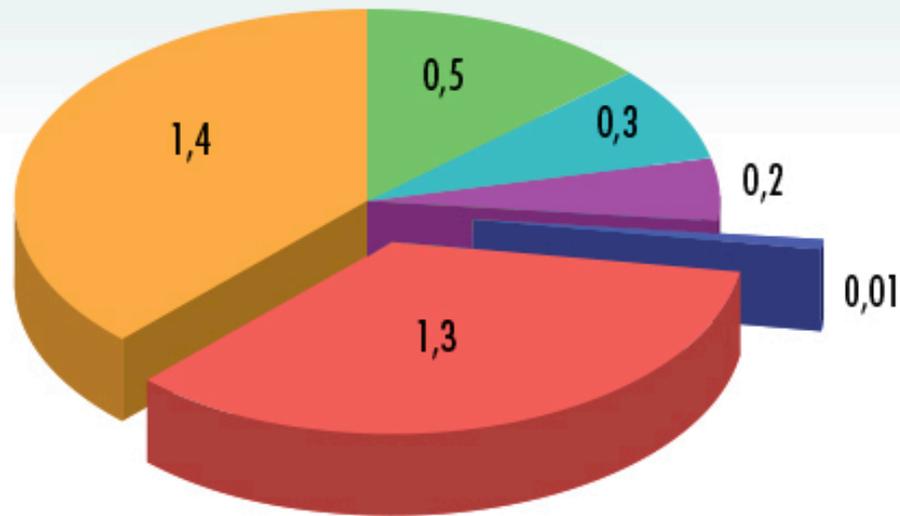


Exemple : rayonnements cosmiques



Exposition naturelle et artificielle

EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS DE LA POPULATION EN FRANCE



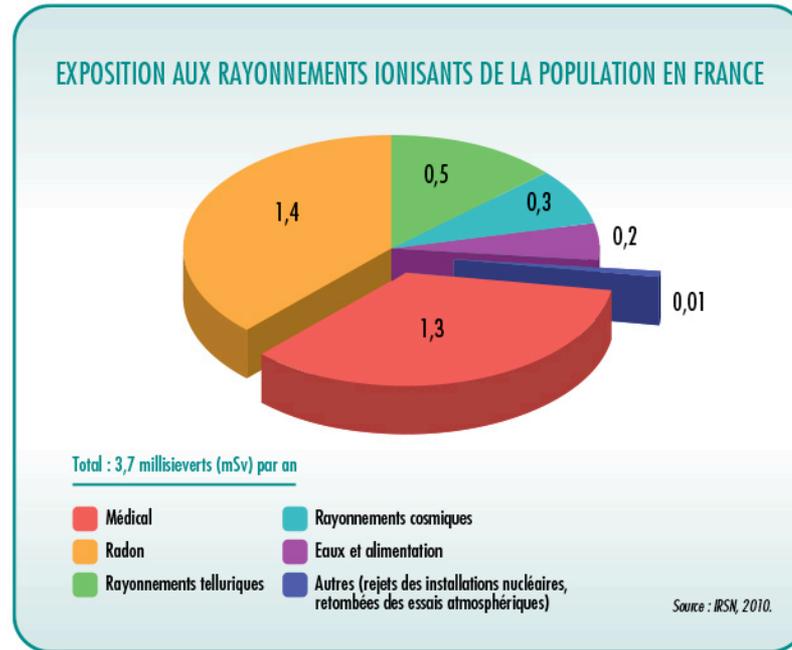
Total : 3,7 millisieverts (mSv) par an



Source : IRSN, 2010.

Physique pour Tous !

Exposition naturelle et artificielle



environ 6 μ Sv / jour d'irradiation naturelle

0,25 μ Sv / heure (en moyenne)

Physique pour Tous !

Zones à forte radioactivité

1) Zone de radioactivité naturelle

Exemples : Kerala (Inde), Ramsar (Iran), Yangjiang (Chine)

Exposition 10-100 fois plus importante qu'en France ($\approx 50-500 \mu\text{Sv} / \text{jour}$)

2) Zone de radioactivité artificielle

Exemples : Tchernobyl (Ukraine), Fukushima (Japon)

Exposition $> 100 \mu\text{Sv} / \text{jour}$ (zone interdite)

Zones à forte radioactivité

1) Zone de radioactivité naturelle

Exemples : Kerala (Inde), Ramsar (Iran), Yangjiang (Chine)

Exposition 10-100 fois plus importante qu'en France ($\approx 50\text{-}500 \mu\text{Sv} / \text{jour}$)

2) Zone de radioactivité artificielle



← $\approx 100 \mu\text{Sv} / \text{jour}$ →



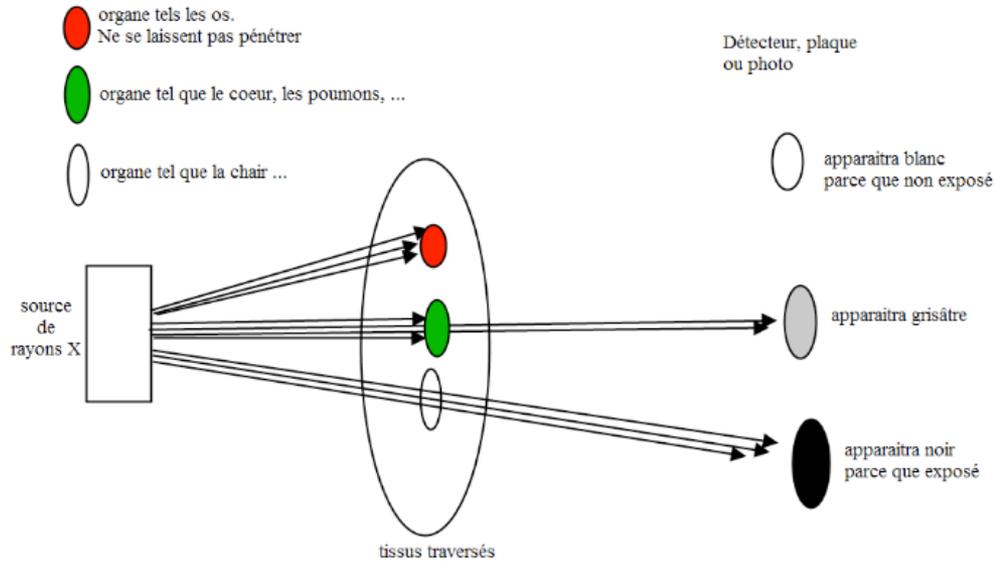
Applications médicales : rayons X



Physique pour Tous !

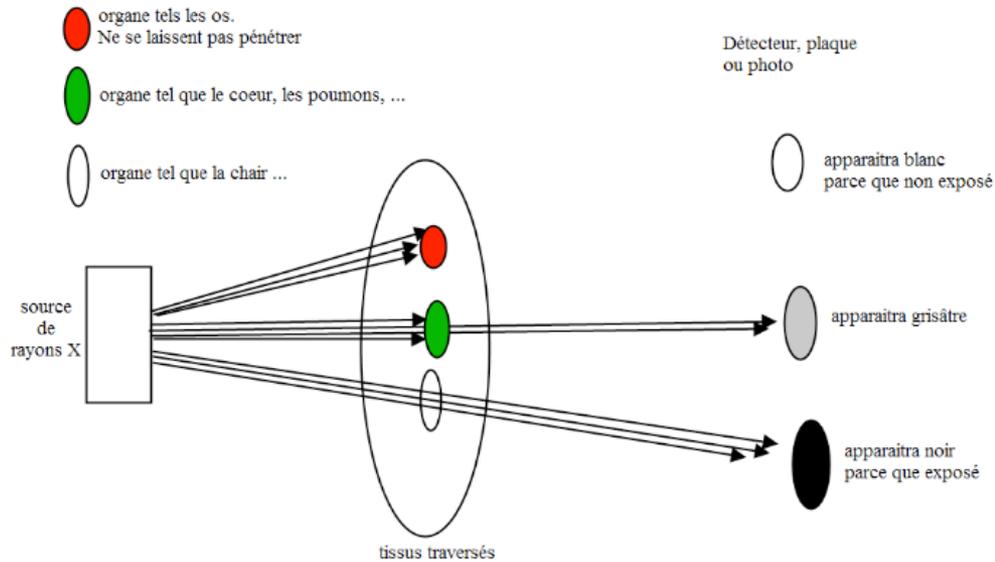
Applications médicales : rayons X

- La radiographie (2D, 3D) est basée sur l'atténuation des rayons X dans le corps



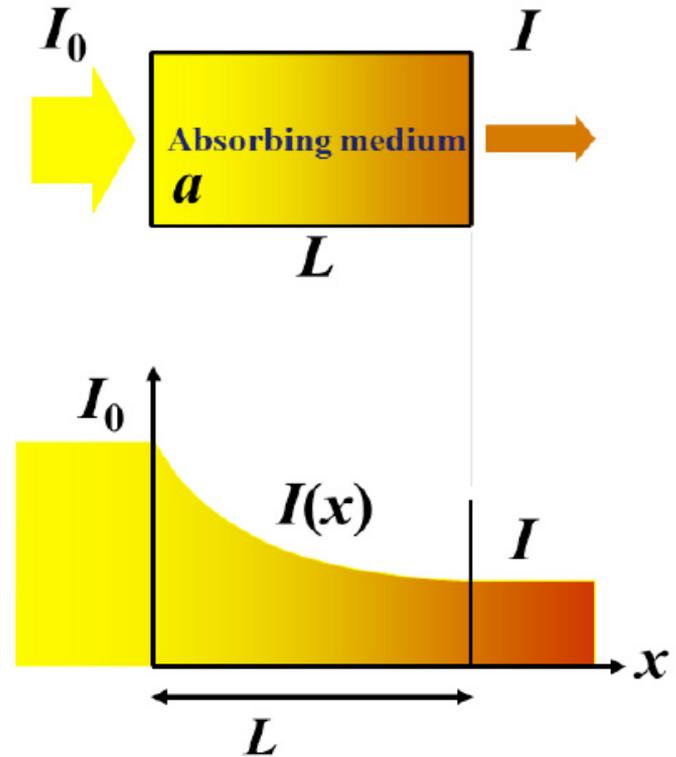
Applications médicales : rayons X

- La radiographie (2D, 3D) est basée sur l'atténuation des rayons X dans le corps



Chaque organe est caractérisé par son propre coefficient d'atténuation (μ)

capacité à arrêter les rayons X



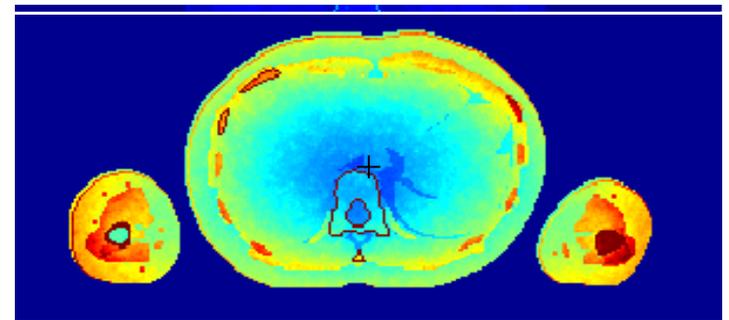
$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

Applications médicales : rayons X

- La radiographie (2D, 3D) est basée sur l'atténuation des rayons X dans le corps
- La dose délivrée dans le corps est le "reflet" de l'image obtenue par radiographie



Image crée par les photons
non absorbés (détecteur)

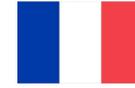


Dose déposée par les
photons absorbés (corps)

Exemples : radiographie dentaire ≈ 0.02 mSv
radiographie crâne ≈ 0.1 mSv
scanner tête ≈ 2 mSv

Henri Becquerel, Louis Harold Gray et Rolf Sievert

- Henri Becquerel (1852-1908) : père de la radioactivité
- Louis Harold Gray (1905-1965) : père de la radiobiologie
- Rolf Sievert (1896-1966) : père de la radioprotection



Henri Becquerel



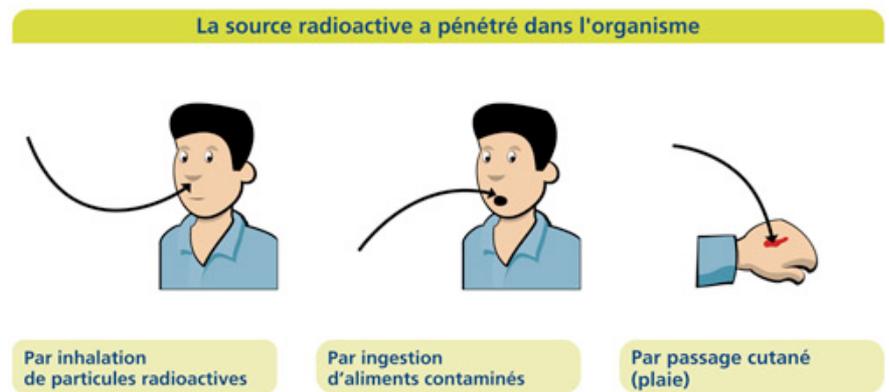
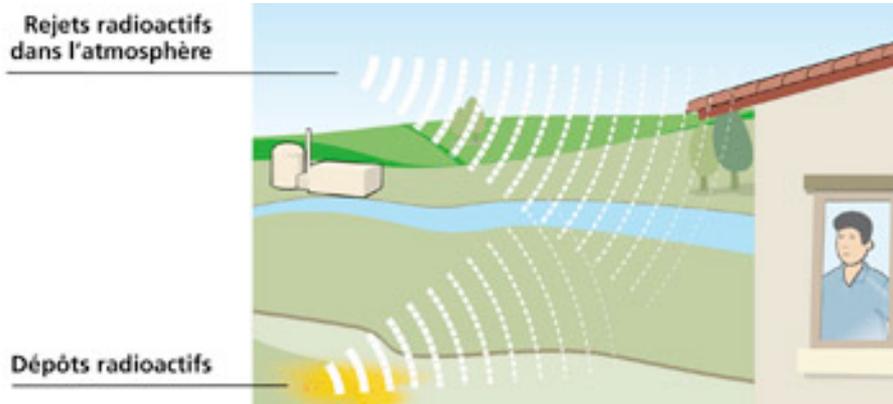
Louis Harold Gray



Rolf Sievert

De l'activité à la dose

- La dose biologique reçue pour 1 Becquerel de radioactivité dépend :
 - des noyaux (type de rayonnements $\alpha\beta\gamma$, énergies des rayonnements)
 - de la distance entre la source et l'individu (irradiation externe)
 - de l'ingestion ou de l'inhalation de la source (irradiation interne)

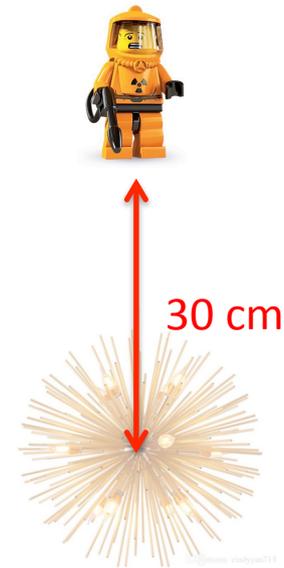


De l'activité à la dose

Irradiation externe

1 Bq \Leftrightarrow ?? μ Sv / heure

Quelques exemples :



Tritium (^3H) :

0

Carbone 14 (^{14}C) :

0

Césium 137 (^{137}Cs) :

1 Bq \Leftrightarrow $1,1 \times 10^{-6}$ μ Sv / heure

Iode 131 (^{131}I) :

1 Bq \Leftrightarrow $7,3 \times 10^{-7}$ μ Sv / heure

(Emission d'électrons
de très faible énergie)

De l'activité à la dose

Irradiation interne

1 Bq \Leftrightarrow ?? Sv (sur 50 ans)

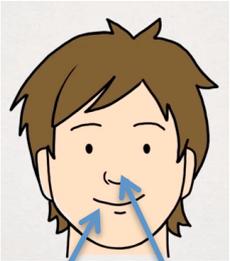
Quelques exemples :

Tritium (^3H) : 1 Bq \Leftrightarrow $1,8 \times 10^{-11}$ Sv (ingestion)

Carbone 14 (^{14}C) : 1 Bq \Leftrightarrow $6,2 \times 10^{-12}$ Sv (inhalation)

Césium 137 (^{137}Cs) : 1 Bq \Leftrightarrow $1,3 \times 10^{-8}$ Sv (ingestion)

Iode 131 (^{131}I) : 1 Bq \Leftrightarrow $2,2 \times 10^{-8}$ Sv (ingestion)



ingestion

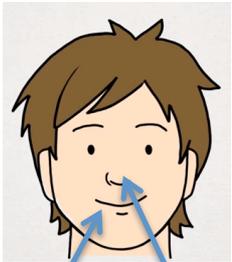
inhalation

De l'activité à la dose

Irradiation interne

1 Bq \Leftrightarrow ?? Sv (sur 50 ans)

Quelques exemples :



ingestion

inhalation

Tritium (^3H) :

1 Bq \Leftrightarrow $1,8 \times 10^{-11}$ Sv (ingestion)

Carbone 14 (^{14}C) :

1 Bq \Leftrightarrow $6,2 \times 10^{-12}$ Sv (inhalation)

Césium 137 (^{137}Cs) :

1 Bq \Leftrightarrow $1,3 \times 10^{-8}$ Sv (ingestion)

Iode 131 (^{131}I) :

1 Bq \Leftrightarrow $2,2 \times 10^{-8}$ Sv (ingestion)

Quantifier l'irradiation ?

- Cas de l'alerte au tritium (^3H) en Juillet 2019

Reporterre
le quotidien de l'écologie

Journal indépendant, sans publicité, en accès libre

Faire un don

NATURE | LUTTES | ALIMENTATION | HUIT JOURS POUR LE CLIMAT | TOUTE L'INFO

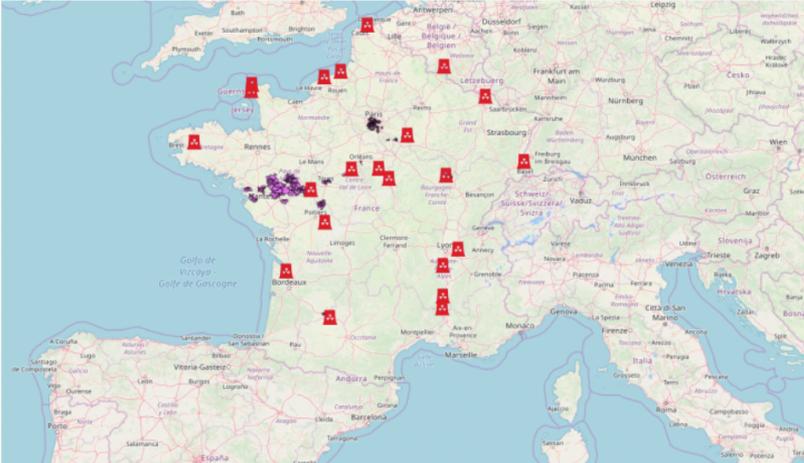
Accueil > Editorial > Info >

Une carte de France de l'eau contaminée par du tritium radioactif

18 juillet 2019

Durée de lecture : 3 minutes

📄 🗨️ 📱 🌐 📄



DOSSIER **Nucléaire**

📄 **Enquête**

24 septembre 2019
La PMA, comprendre de quoi l'on parle

📄 **À découvrir**



Physique pour Tous !

Quantifier l'irradiation ?

- L'OMS estime que boire 2L / jour d'eau avec un taux de 10000 Bq/L pendant 1 an correspond à la même exposition qu'un vol Paris-Tokyo

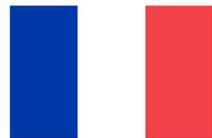
Calcul :

Activité ingérée en 1 an = 2 (Litre/jour) x 365 (jour) x 10000 (Bq) = 7300000 Bq

Facteur de dose ^3H : 1 Bq = $1,8 \times 10^{-11}$ Sv

Dose totale en 1 an de consommation d'eau :

$$\text{Dose} = 1,8 \times 10^{-11} \times 7300000 = \mathbf{0,13 \text{ mSv}}$$



(même dose qu'un aller-retour
Paris-Tokyo)

Expositions environnementales : synthèse

Exposition	Dose moyenne [mSv]
Radon (1 an)	1.4
Rayons cosmiques (1 an)	0.3
Eau et alimentation (1 an)	0.2
Vol Paris-Tokyo (AR)	0.12
Rejets des installations nucléaires (1 an)	0.01

Expositions médicales : synthèse

Exposition	Dose moyenne [mSv]
Radiographie dentaire	0.02
Radiographie crâne	0.1
Mammographie	0.4
Scanner tête	2
Scintigraphie thyroïde	2
Scanner thorax	10
TEP corps entier	15

Echelle de doses

- Dose équivalente en jour de radioactivité naturelle (≈ 0.006 mSv / jour)

Exposition	Dose moyenne [mSv]	Equivalent naturel
Radiographie dentaire	0.02	3 jours
Radiographie crâne	0.1	16 jours
Vol Paris-Tokyo (AR)	0.12	20 jours
Mammographie	0.4	65 jours
Scanner tête	2	335 jours
Scanner thorax	10	4,5 ans

Vers la question du risque

- Deux sources principales d'exposition aux rayonnements ionisants :
 - > rayonnements naturels : environ **2 mSv/an** (en moyenne)
 - > applications médicales : environ **1,5 mSv/an** (en moyenne)
- Limites légales d'exposition supplémentaire (en France) :
 - > public ⇔ **1 mSv / an**
 - > travailleurs (installations nucléaires, laboratoires, hôpitaux) ⇔ **20 mSv/an**

=> Cours 3 : le risque radiologique