

Cours de Biophysique

2023/2024
2^{ème} semestre

Pr. Youssef Mir

Université Privée de la Santé et des Sciences d'Agadir
UPSSA

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Plan

I.1. RAPPELS DU SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

I.1.1. Structure de l'atome

I.1.2. Rayonnements ionisants

I.1.3. Rayonnements non ionisants

I.2. RAYONNEMENT CORPUSCULAIRE (OU PARTICULAIRE)

I.2.1. Les particules chargées

I.2.2. Les particules non chargées

I.3. RADIOACTIVITÉ

I.3.1. Stabilité des noyaux

I.3.2. Les radiations nucléaires de désexcitation

I.3.3. Les processus de désintégrations radioactives

I.3.4. Loi de décroissance radioactive

I.3.5. La filiation radioactive

I.3.6. Les générateurs isotopiques ($\text{Mo}^{99}/\text{Tc}^{99\text{m}}$)

I.3.7. La production des rayons X

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Introduction: Rappel de la structure de l'atome

Un atome est constitué d'un:

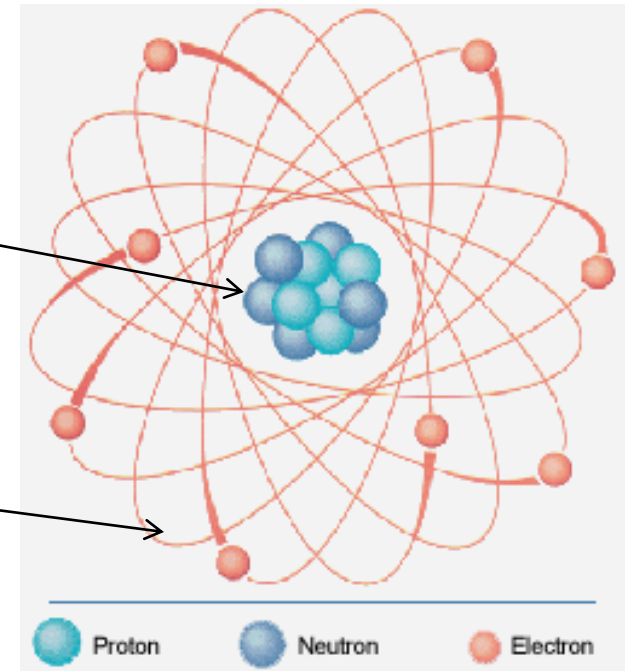
❑ Noyau : formé de neutrons et de protons (de charge positive), aussi appelés nucléons.

La masse globale des nucléons est quasiment celle de l'atome.

❑ Cortège d'électrons (de charge négative) autour du noyau et dont la charge équilibre celle du noyau.

Le noyau est de 10 000 à 100 000 fois plus petit que l'ensemble de l'atome avec son nuage d'électrons.

Entre le noyau et les électrons : le vide.



<http://www.sfen.org>

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Introduction: Rappel de la structure de l'atome

Représentation d'un atome

X est l'élément considéré

Z est le nombre de protons = Numéro atomique

A = Nombre de masse ($Z + \text{nombre de neutron } N$)

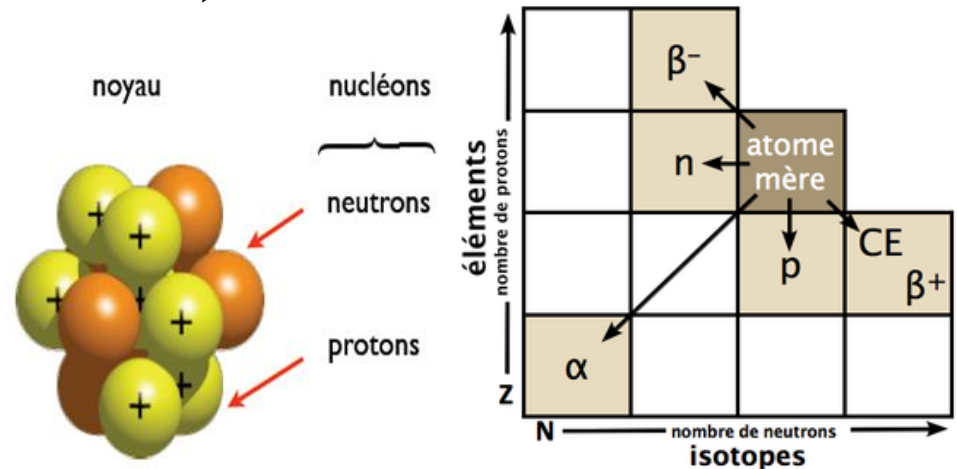


Isotopes: Ce sont des atomes de même numéro atomique Z et de nombre de masse A différent. Un élément peut avoir un ou plusieurs isotopes.

Exemple: ^{12}C (6 protons et 6 neutrons)

^{13}C (6 protons et 7 neutrons)

^{14}C (6 protons et 8 neutrons)



Source: Radioaktive Zerfallsarten in der Nuklidkarte.svg

Isotones: N identiques, Z différents, A différents

Exemple : le carbone 13 possède 6 protons et 7 neutrons, et l'azote 14 possède 7 protons et également 7 neutrons

Isobares: N différents, Z différents, A identiques

Exemple : le carbone 14 et l'azote 14 possèdent tous les deux le même nombre de nucléons : 14.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Introduction: Rappel de la structure de l'atome

Masse atomique

- ❑ Pour un élément, la masse atomique est la masse moyenne pondérée de tous les isotopes de cet élément.
- ❑ La masse atomique tient compte de deux choses:
 - l'abondance relative proportionnelle des divers isotopes naturels d'un même élément;
 - le nombre de masse de chacun des isotopes d'un même élément.

Exemple de l'oxygène:

Isotope	Abondance relative (%)	Nombre de masse
^{16}O	99.757	16
^{17}O	0.038	17
^{18}O	0.205	18

$$\begin{aligned}\text{Masse atomique de l'oxygène} &= \\ &16 \times 0.99757 + 17 \times 0.00038 + 18 \times 0.00205 \\ &= 16.00448\end{aligned}$$

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Introduction: Radiations - généralités

Équivalence masse-énergie

Une particule de masse m possède, au repos, une énergie de masse E donnée par la relation :

$E = m \times c^2$, où E est l'énergie (en J),

m la masse (en kg), c est la vitesse de la lumière dans le vide (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

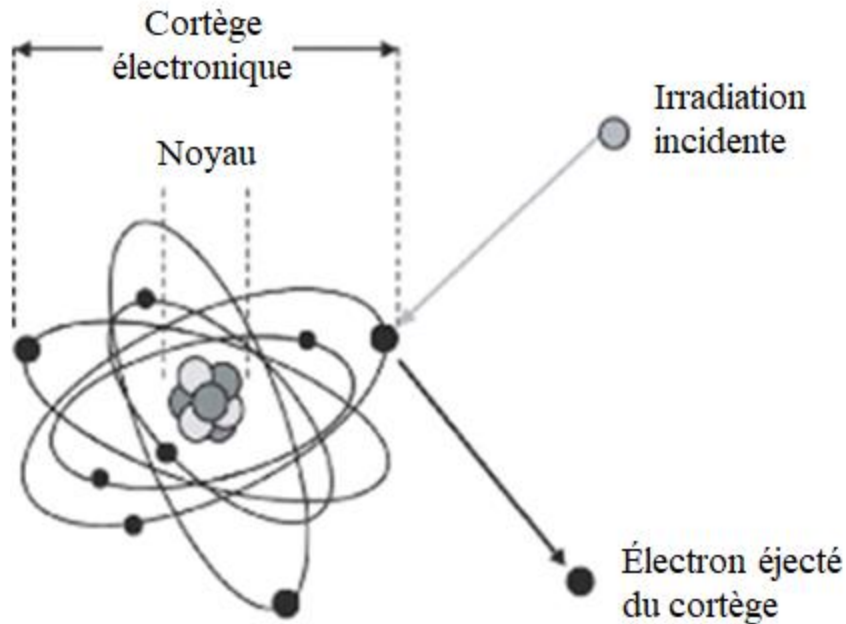
Un électronvolt est égal à l'énergie acquise par un électron accéléré par une tension de 1 volt . **Un électronvolt = 1 volt (1 Joule par coulomb (J/c)) $\times e = 1 \times 1,6 \times 10^{-19}$ J**

$$m_{\text{atome}} = m_{\text{noyau}} + Z \times m_{e^-} = Zm_p + (A - Z) \times m_n + Z \times m_{e^-}$$

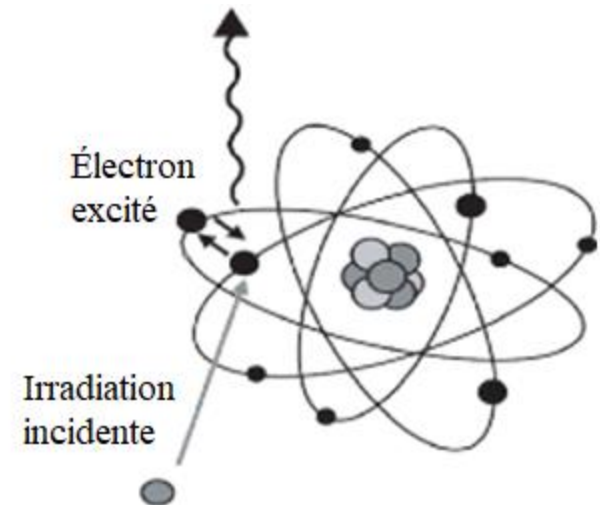
Particules	Charge	Masse (kg)	MeV/c ²
Neutron	0	$1,6750 \times 10^{-27}$	939,573
Proton	+e	$1,6727 \times 10^{-27}$	938,279
électron	-e	$9,1095 \times 10^{-31}$	0,511

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Introduction: Rappel de la structure de l'atome



Phénomène d'ionisation



Phénomène d'excitation

L'irradiation incidente transfère une partie de son énergie cinétique à l'électron atomique.

- ❑ **Ionisation** de l'atome cible. L'électron éjecté, dit électron secondaire, peut à son tour créer d'autres ionisations si son énergie cinétique est suffisante.
- ❑ **Excitation** de l'atome cible. L'électron cible est porté à un niveau énergétique supérieur.
- ❑ **Dissipation thermique:** augmentation de l'énergie de translation, de rotation ou de vibration des molécules cibles.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Introduction: Radiations - généralités

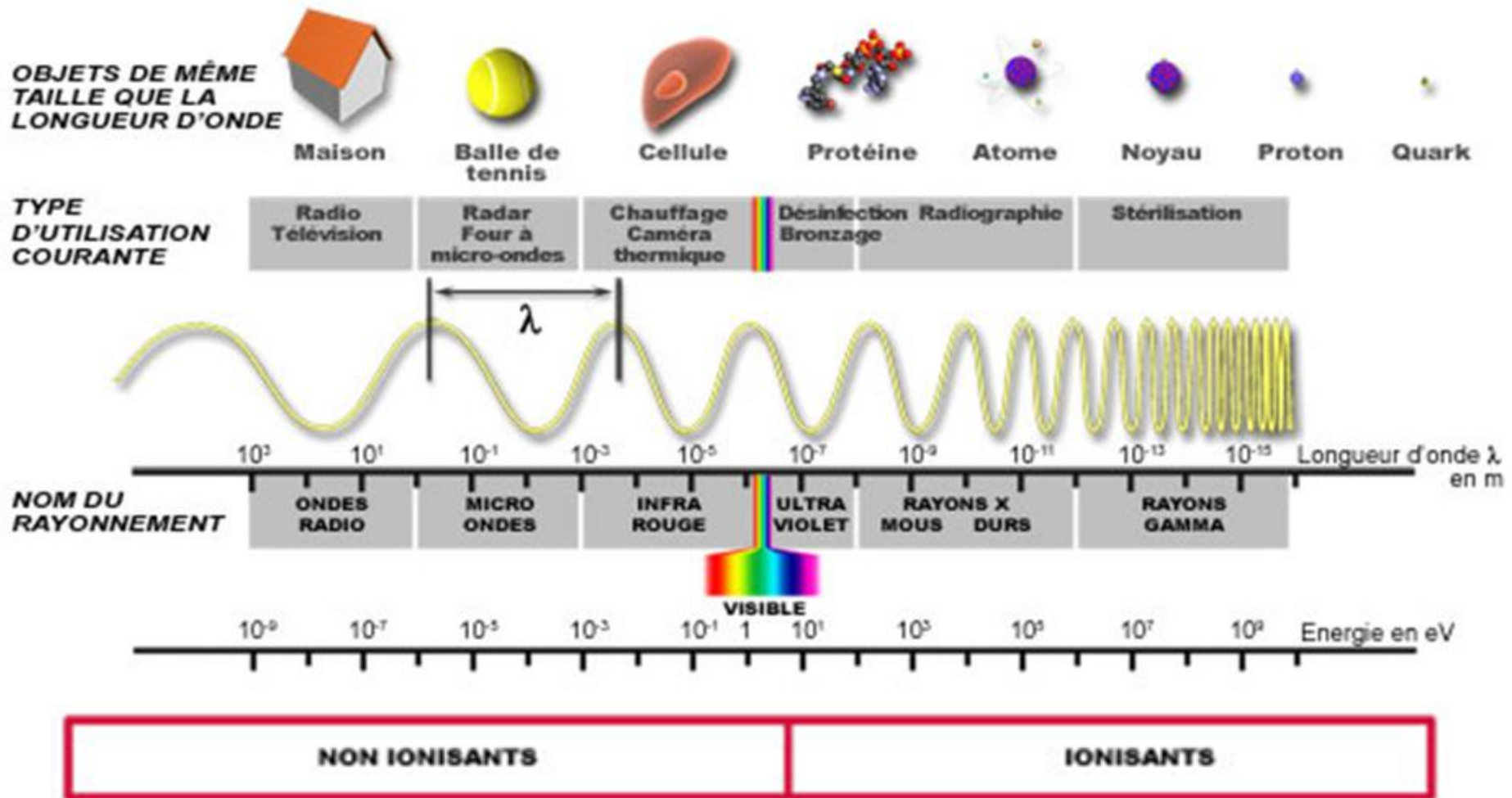
Classification des rayonnements

- ❑ Selon la nature du rayonnement, ils sont classés en rayonnements électromagnétiques et rayonnements particuliers (électrons, protons, neutrons, particules α , ions lourds, résidus de fission nucléaire).
- ❑ Selon les effets sur la matière biologique, ils sont classés en rayonnements ionisants et rayonnements non ionisants.

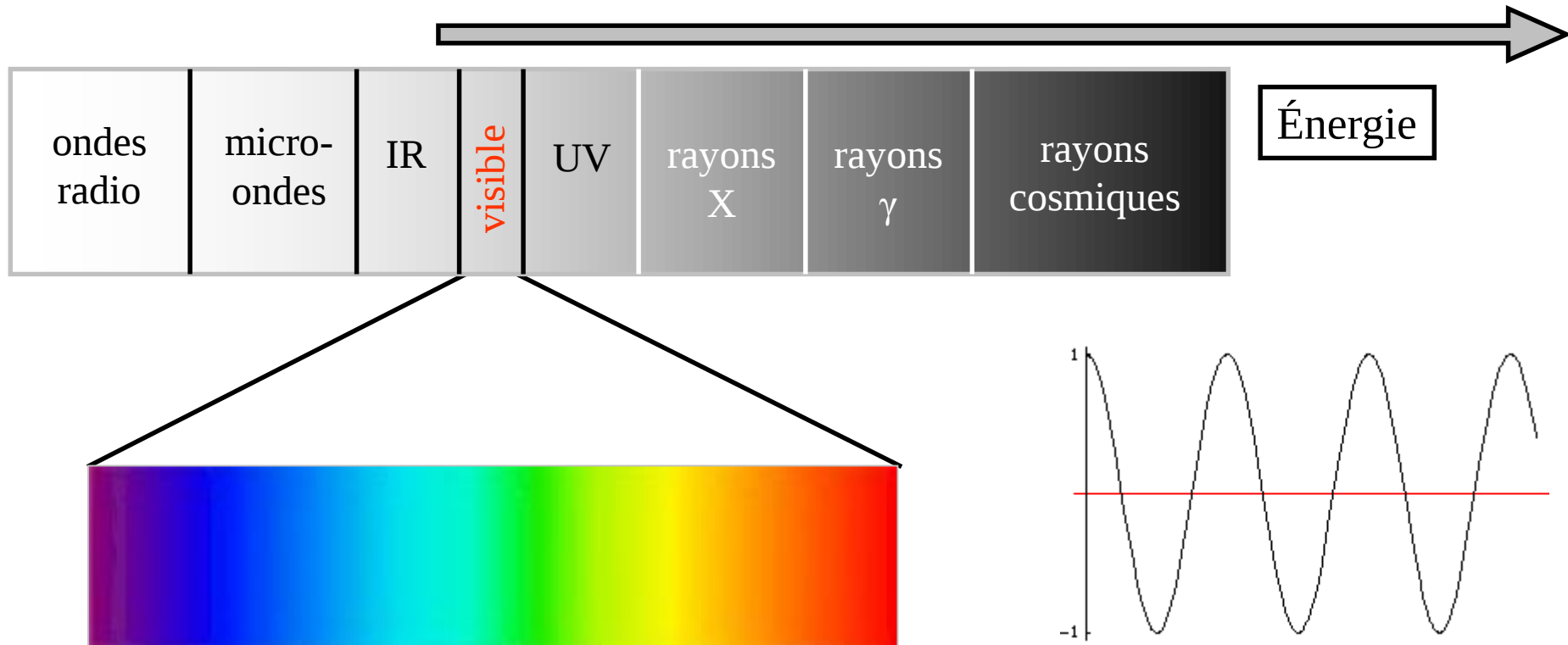
Le rayonnement électromagnétique est un mode de transport de l'énergie dans l'espace.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique



La frontière entre non ionisante et ionisante est une limite de danger pour la santé



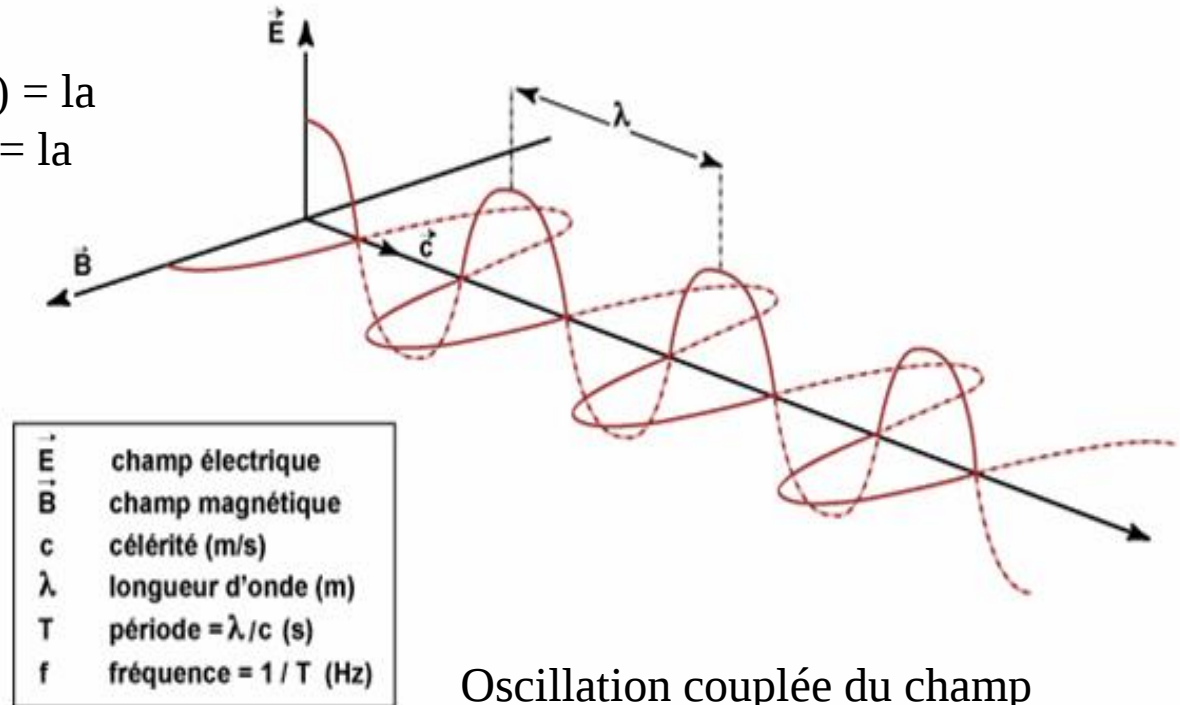
Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Ces rayonnements sont caractérisés par leur vitesse dans le vide (Célérité) $\approx 3.10^8$ m/s

❑ La longueur d'onde (λ) (nm) = la distance d'un cycle d'une onde = la distance séparant deux crêtes successives.

❑ La période (T) (s): elle représente le temps nécessaire pour que l'onde effectue un cycle.



❑ La fréquence (ν) (Hz) = l'inverse de la période, elle traduit le nombre de cycles par unité de temps.

Oscillation couplée du champ électrique et du champ magnétique (l'un étant perpendiculaire à l'autre) qui se propage en ligne droite à partir d'une source.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Rappels du spectre électromagnétique

La longueur d'onde et la fréquence sont inversement proportionnelles et unies par la relation suivante:

λ : la longueur d'onde électromagnétique

c : vitesse de la lumière (3×10^8 m/s)

ν : la fréquence de l'onde

$$\lambda = c / \nu$$

Les échanges d'énergie portée par le rayonnement électromagnétique se font sous forme de paquets d'énergie, véhiculés par des corpuscules élémentaires immatériels, **les photons**.

Relation de Planck: Elle exprime la quantité d'énergie associée à un photon en fonction de la fréquence de l'onde.

E = Énergie de l'onde électromagnétique

ν = Fréquence de l'onde

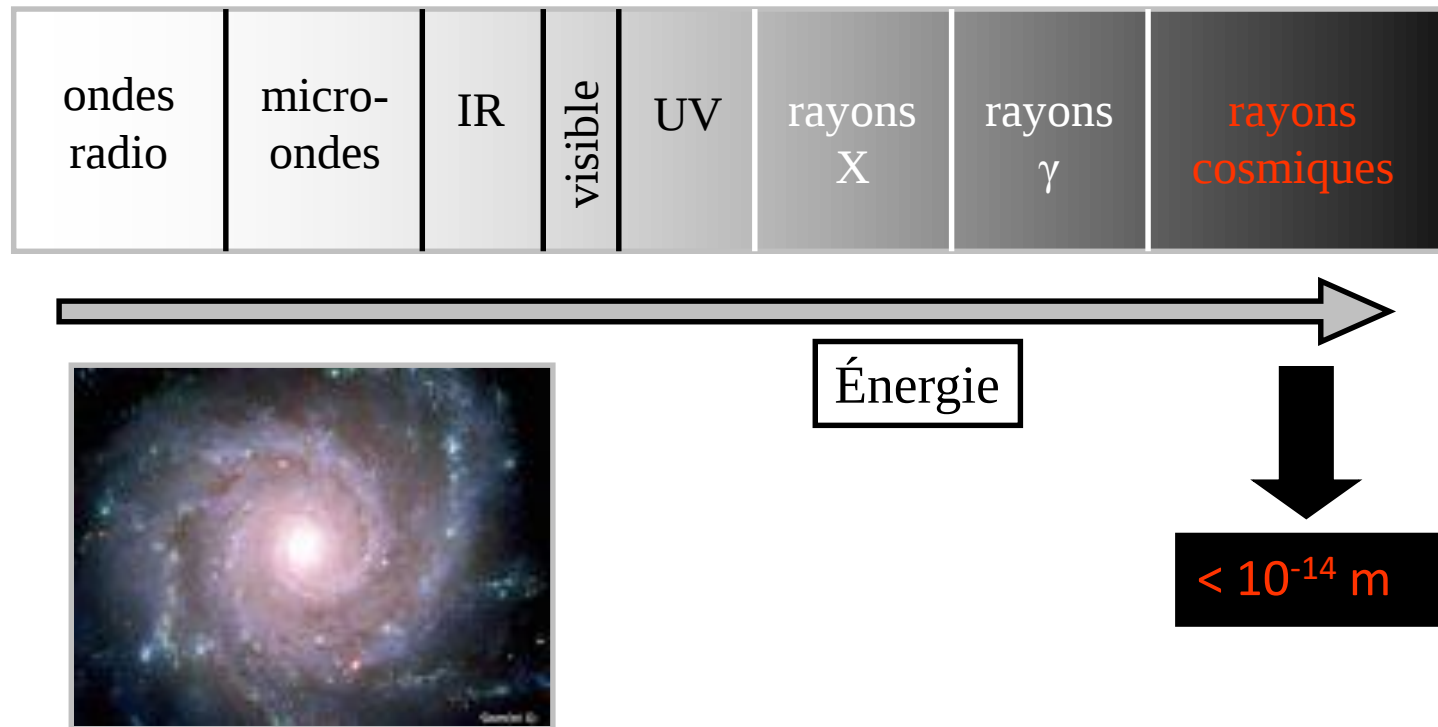
h = Constante de Planck ($6.625 \cdot 10^{-34}$ J.s)

$$E = h\nu$$

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Les rayons cosmiques

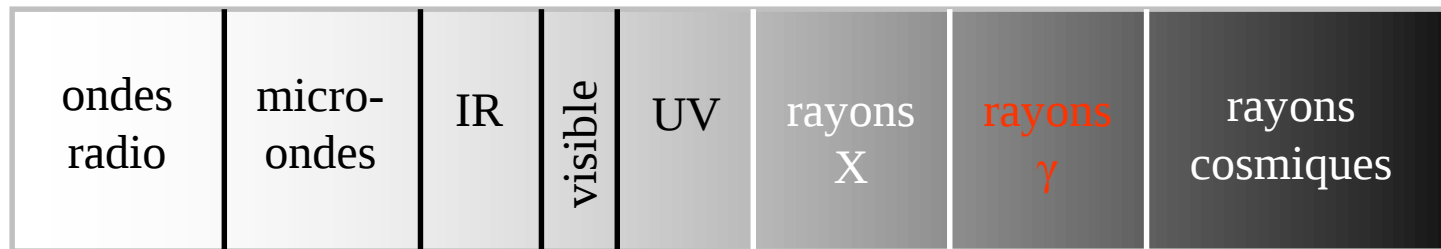


- ❑ Ils proviennent du soleil et de l'espace interstellaire et intergalactique.
- ❑ Ils sont les plus énergétiques, arrêtés par l'atmosphère

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Les rayons γ



Énergie

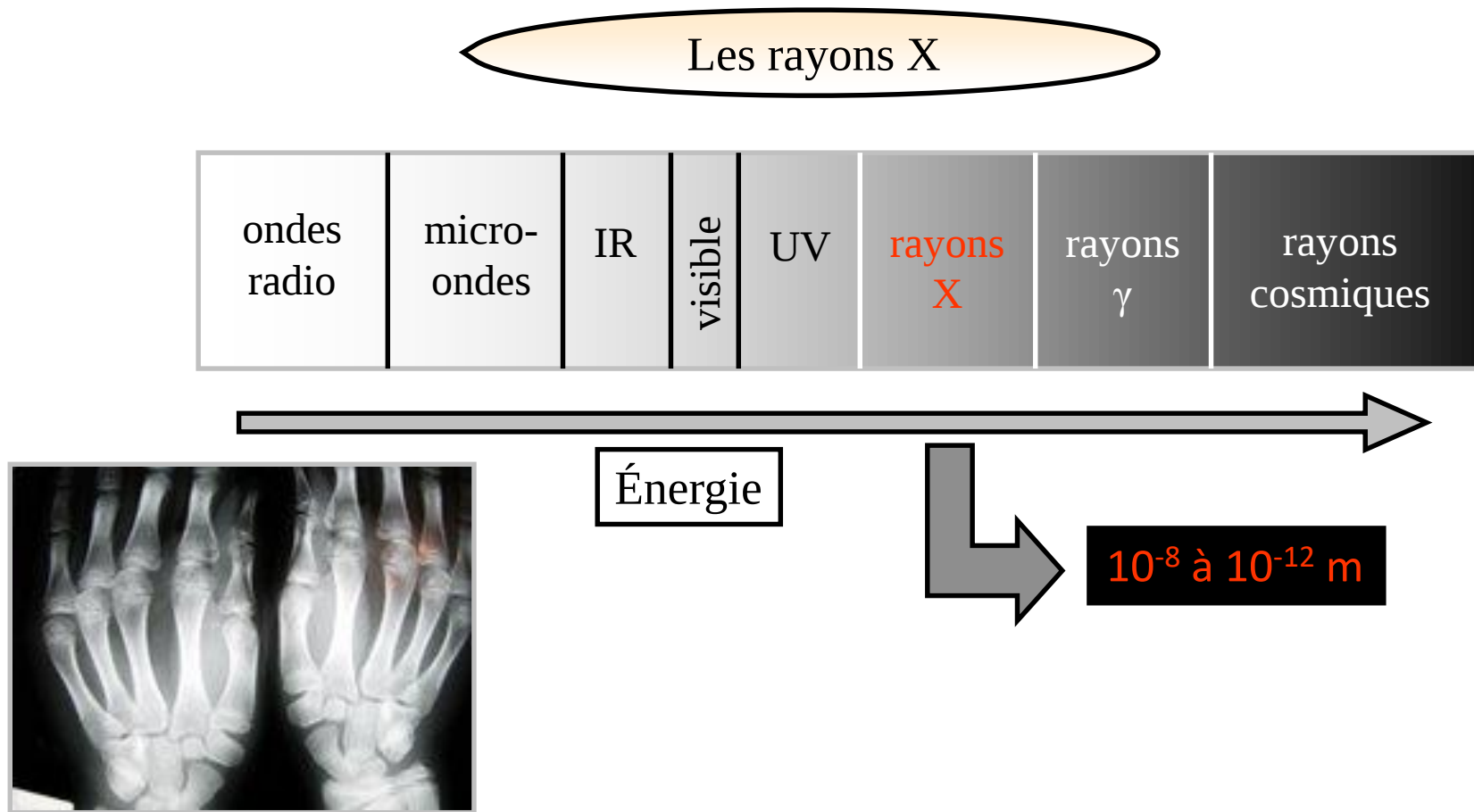
10^{-12} à 10^{-14} m



- ☐ Proviennent de la radioactivité ou des processus nucléaires (noyaux des atomes)
- ☐ Provoquent des brûlures, cancers et mutations génétiques

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Rappels du spectre électromagnétique



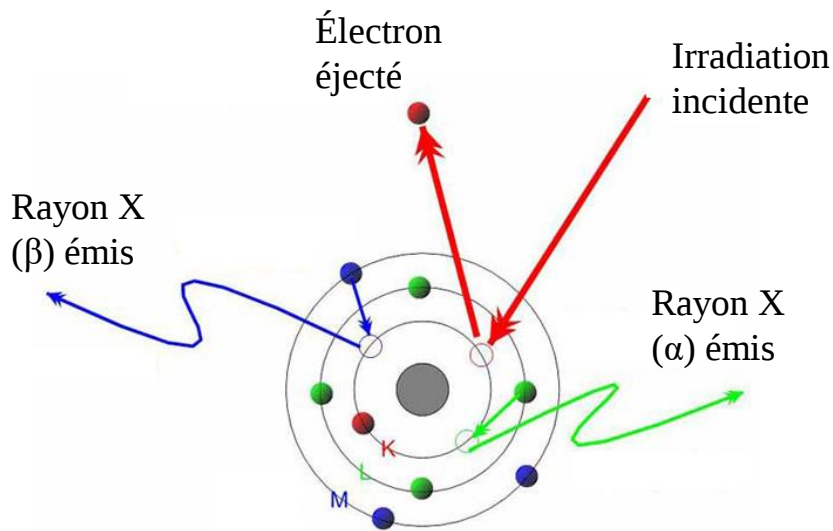
- ❑ Ils proviennent des électrons des atomes.
- ❑ Ils sont utilisés en imagerie médicale et en radiocristallographie.
- ❑ Ils traversent la peau et arrêtés par les os

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

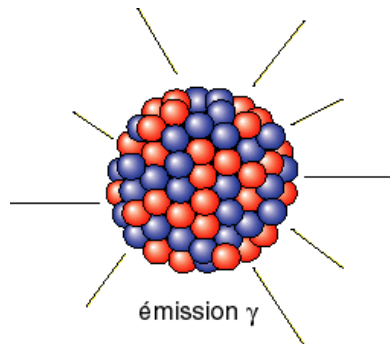
Rappels du spectre électromagnétique

Rayonnements ionisants

Rayonnements X et γ



❑ Les rayons X peuvent être produits par un faisceau d'électrons envoyé sur une cible métallique. Ces électrons interagissent avec les électrons des atomes du métal, et provoquent l'émission de ces rayons.



❑ Les rayons gamma sont émis par des atomes radioactifs lors de leur désintégration (alpha ou bêta). Leur émission est due à la désexcitation du noyau vers son état fondamental.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Rayonnements ionisants

Rayonnements X et γ - applications

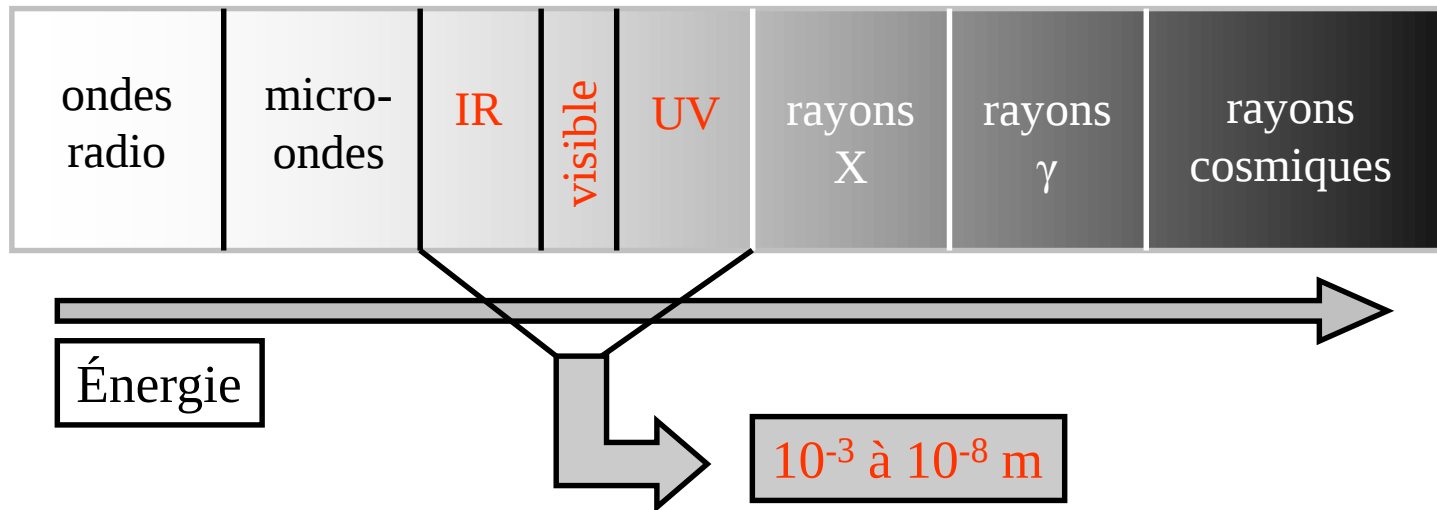
- ❑ Les rayonnements X sont utilisés:
 - ❖ En radiothérapie transcutanée, lorsque le tissu à irradier n'est pas superficiel.
 - ❖ En imagerie radiologique, ils permettent d'obtenir des images de la densité des tissus traversés.

- ❑ Les isotopes émetteurs de rayonnements γ sont mis à profit :
 - ❖ En scintigraphie: produire des images du fonctionnement d'un organe.
 - ❖ En radio chirurgie: traitement de radiothérapie de tumeurs cérébrales ou malformations artérioveineuses inopérables (*gamma knife*).

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Les rayons UV, Visible et IR



- ❑ Proviennent du soleil et de lampes spécifiques
- ❑ Ils sont utilisés, par exemple, dans les techniques de caractérisation moléculaire
- UV** : spectroscopie optique et stérilisation
- Visible** : Imagerie et spectroscopie optique
- IR** : Spectroscopie, vision de nuit, thermographie, communication à distance, robotique et dans les fibres optiques.

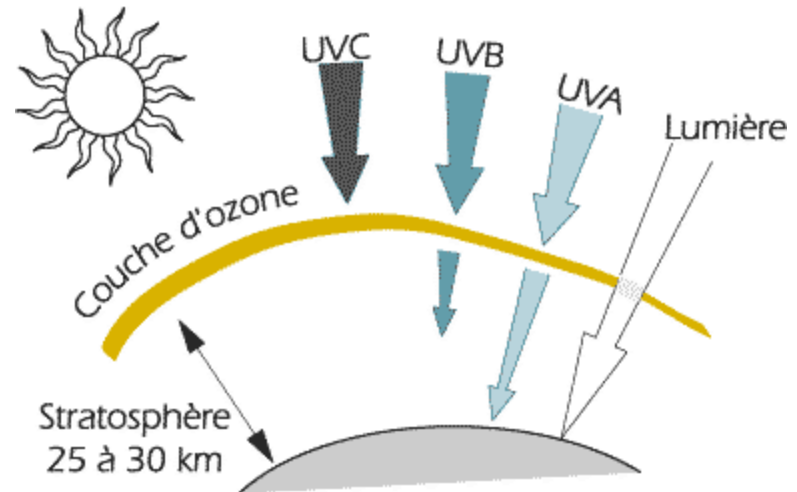
Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Rayonnements ionisants

Rayonnements Ultraviolets

- ❑ Les ultraviolets chevauchent la limite entre rayonnements ionisants et non ionisants. Leurs longueurs d'onde s'échelonnent de 10^{-8} m à $4 \cdot 10^{-7}$ m (entre 3 eV et 124 eV.).
- ❑ Ils sont utilisés par exemple en dermatologie (traitement du psoriasis), mais peuvent aussi être pathogènes (cancers cutanés).
- ❑ Les rayons UV sont essentiels à la vie sur terre. Ils participent notamment à la photosynthèse chez les plantes ainsi qu'à la production de vitamine D chez l'humain.
- ❑ Une grande part des ultraviolets est stoppée par l'ozone atmosphérique qui sert de bouclier protecteur des cellules.

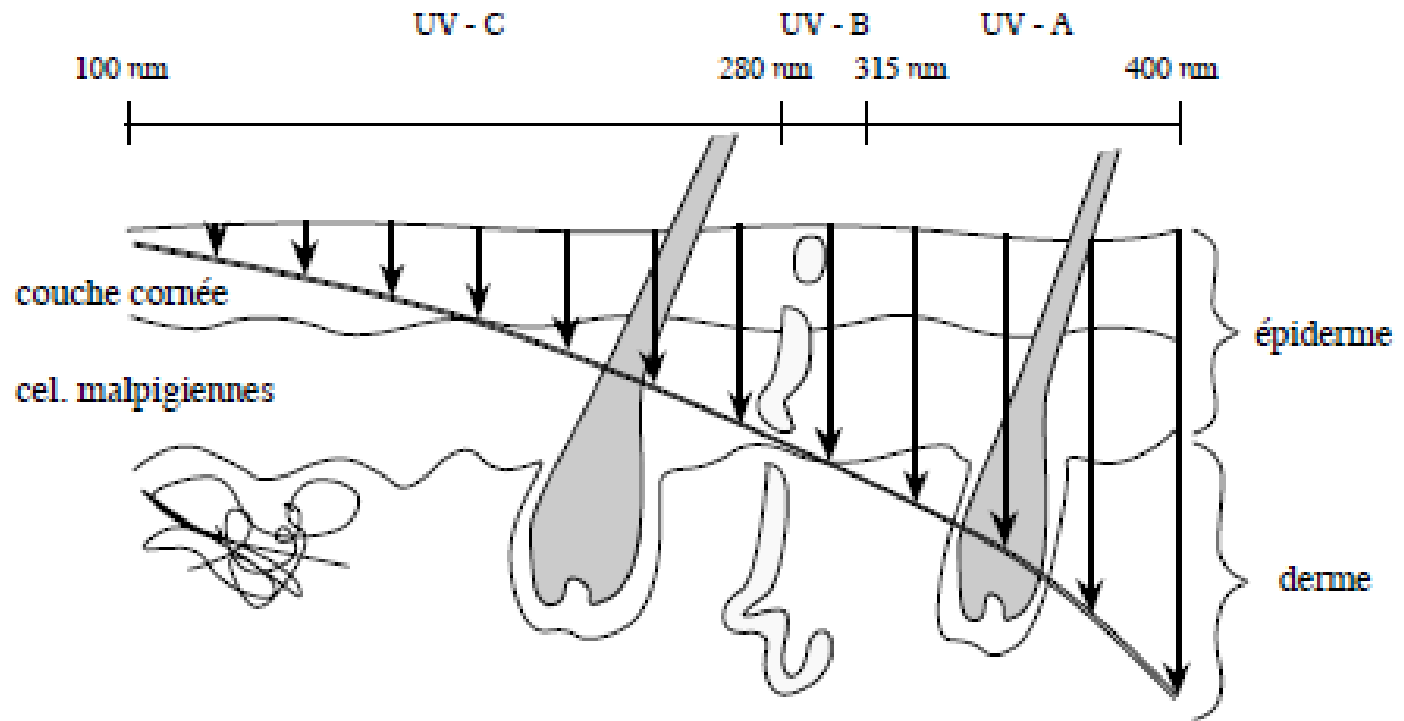


Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Rappels du spectre électromagnétique

Rayonnements ionisants

Rayonnements ultraviolets



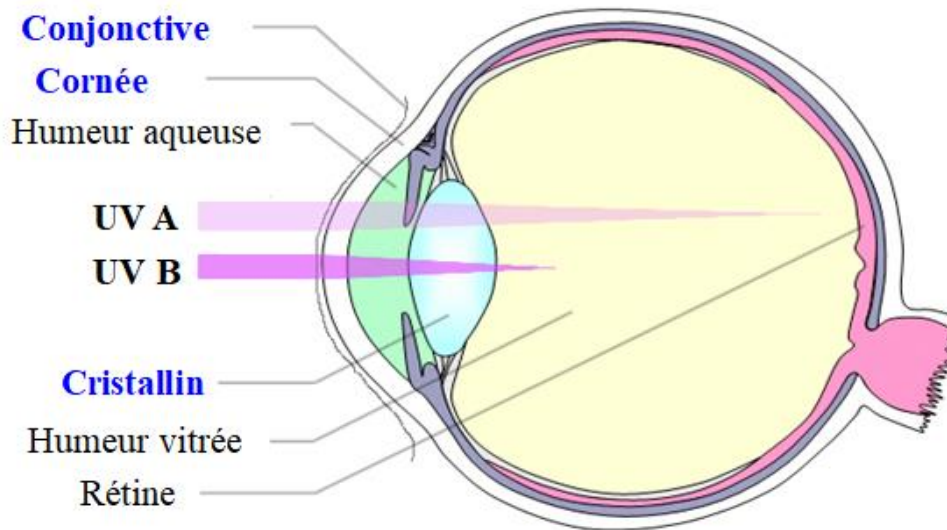
La profondeur atteinte dépend aussi du phototype du sujet, moins la peau est pigmentée, plus la pénétration est importante.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Rappels du spectre électromagnétique

Rayonnements ionisants

Rayonnements ultraviolets



UVB et les UVA sont absorbés par la **conjonctive, la cornée et le cristallin**. Ils n'atteignent pas la rétine. Ce n'est pas le cas chez l'enfant.

Avant l'âge d'un an, la transparence du cristallin permet à 90 % des UVA et une grande partie des UVB de parvenir à la rétine. Ces proportions diminuent avec l'âge.

Coupe sagittale du globe oculaire

Absorption du rayonnement ultraviolet par les structures de l'œil ©

SVT Dijon.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Rappels du spectre électromagnétique

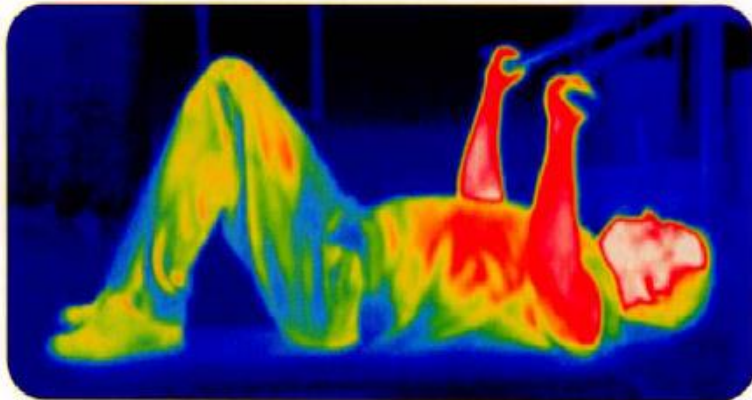
Rayonnements non ionisants

Rayonnements infrarouges

- ❑ Ils s'étalent de 760 nm (couleur rouge), jusqu'à quelques millimètres.
- ❑ Il est testé en diagnostic pour détecter une augmentation locale de chaleur pouvant orienter vers une pathologie tumorale (thermographie infrarouge), et en thérapeutique pour donner un effet thermique anti-inflammatoire.

On distingue généralement trois types d'infrarouges qui vont du **proche infrarouge** (0.75 - 1.5 μm) à l'**infrarouge lointain** (4 - 1000 μm), en passant par l'**infrarouge moyen** (1.5 - 4 μm).

Thermographie (visualisation de la température corporelle) d'un sportif

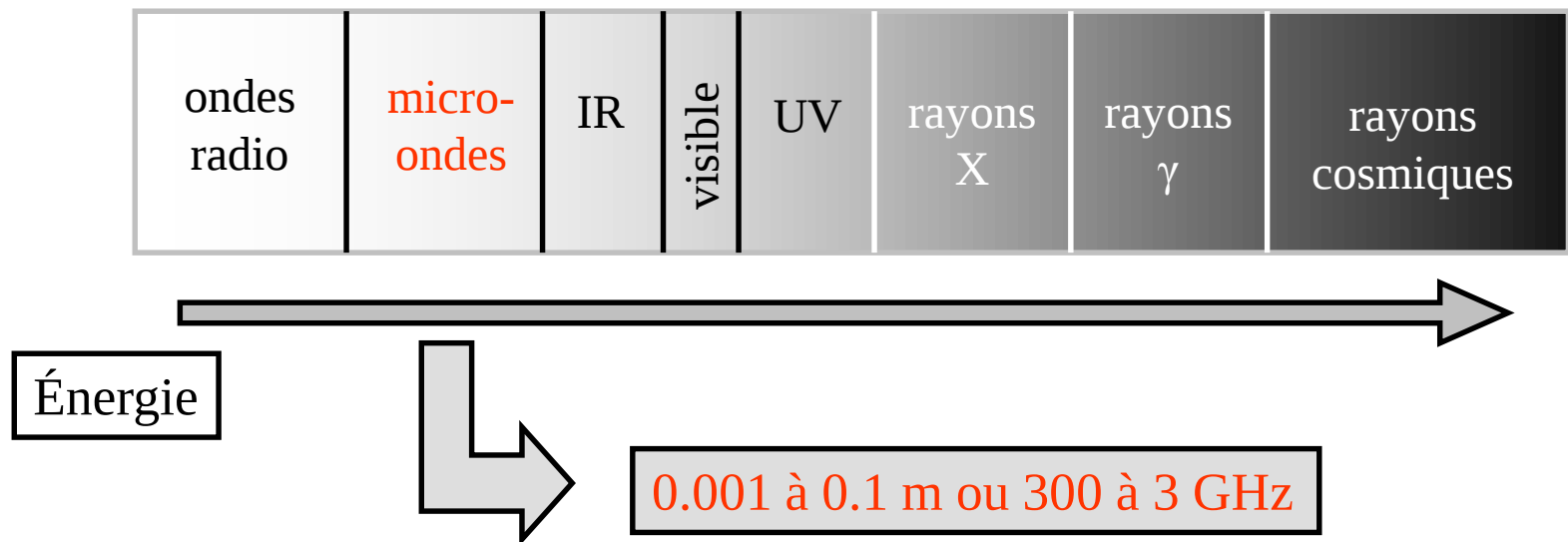


La thermographie met en évidence la température des différentes zones du corps.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Les micro-ondes



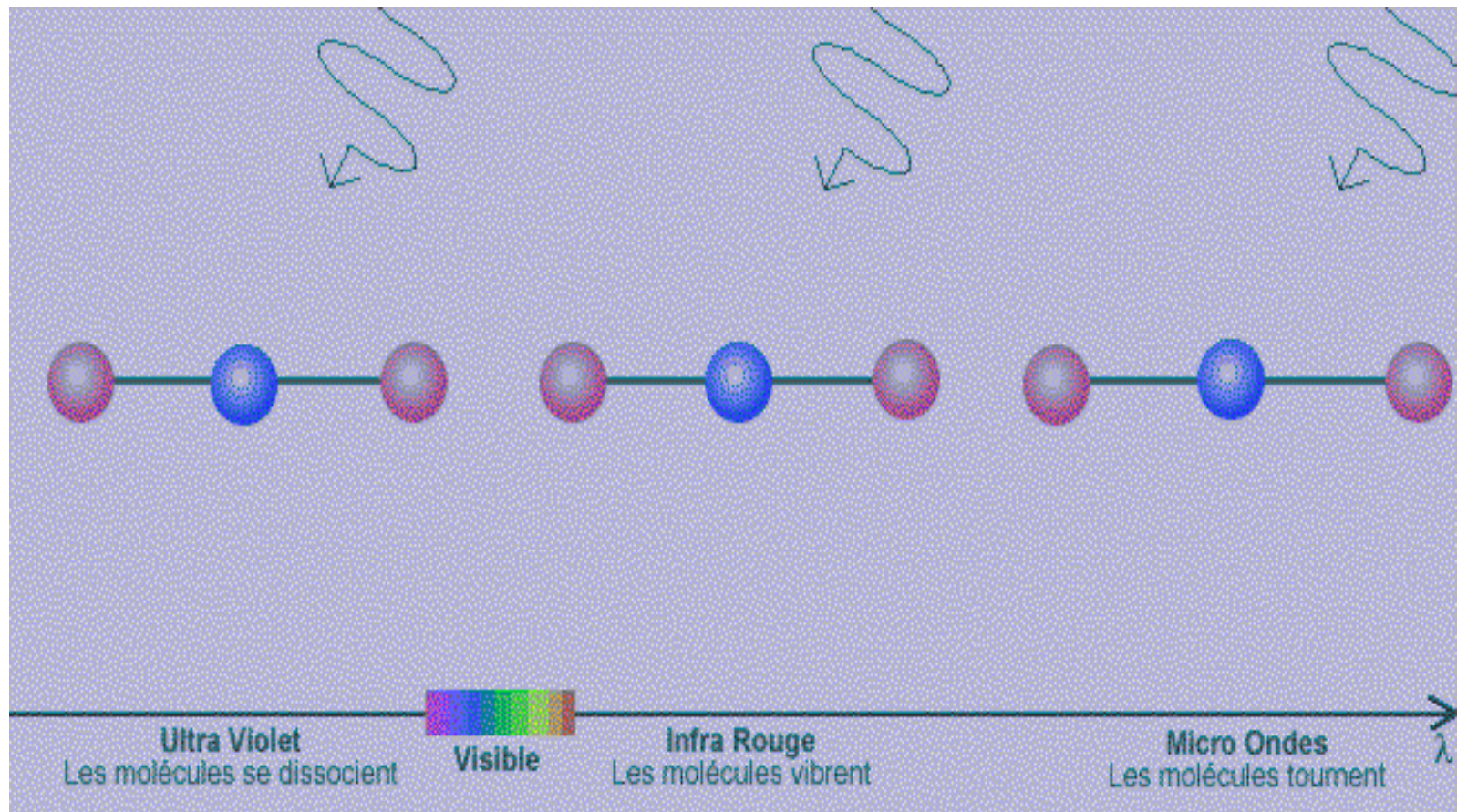
- ☐ Formées à partir d'un courant électrique
- ☐ Peuvent transférer une partie de ses énergies et provoquer un échauffement local.
- ☐ Applications: fours à micro-ondes, transmission par satellite, radars, télévision par câble, téléphonie mobile



Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

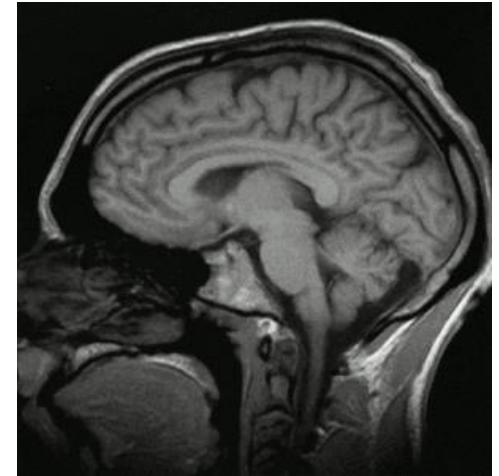
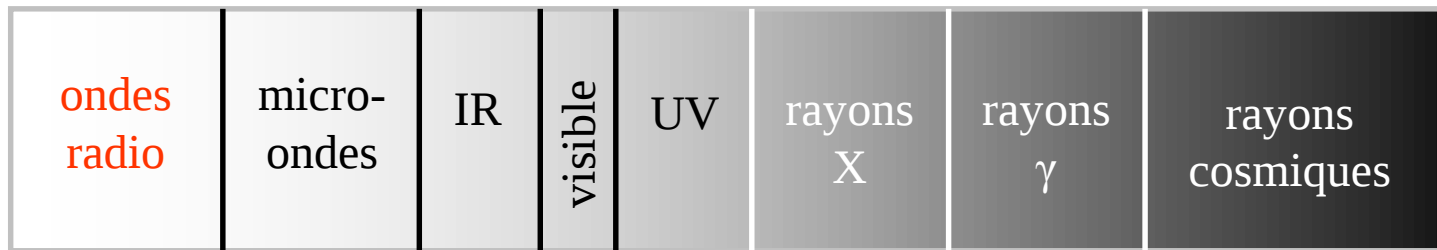
Effets des rayonnements UV, infrarouge et micro-onde



Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rappels du spectre électromagnétique

Les ondes Radio

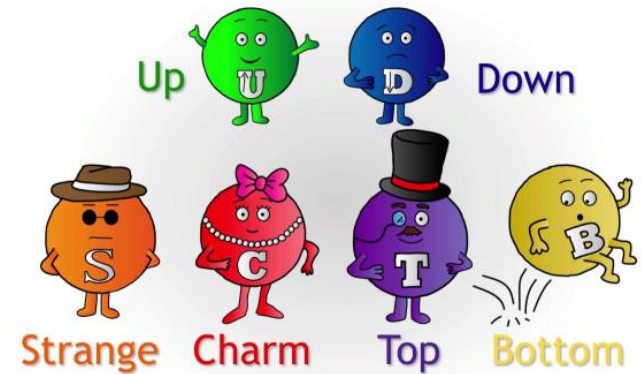
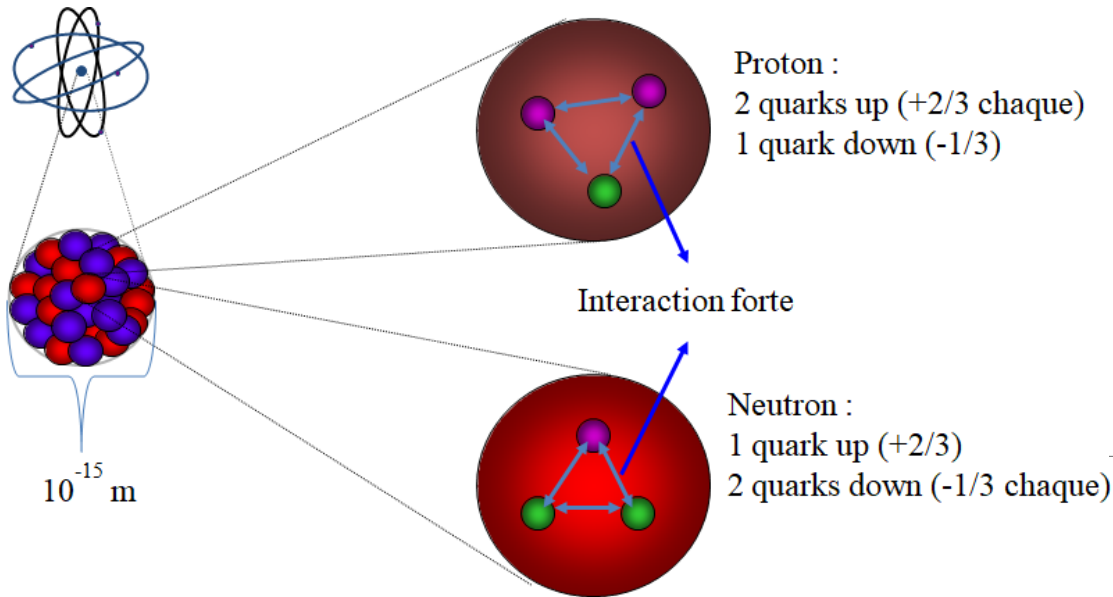


- ❑ Ils sont formés à partir d'un courant électrique.
- ❑ Leurs énergies sont largement **insuffisantes** pour provoquer la moindre pathologie secondaire.
- ❑ Ils sont utilisés en transmission d'informations (radio, télévisions, radars), médecine et science (IRM et RMN).

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rayonnements particulaires

Structure des nucléons



<https://lecurieuxweb.wordpress.com>

Quark	Nom	Charge électrique élémentaire
d	Down	-1/3
u	Up	+2/3

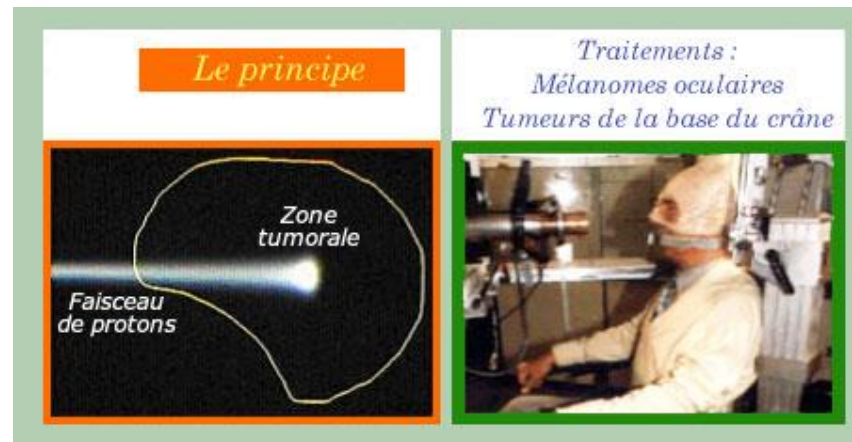
Quark	Nom	Charge électrique élémentaire
s	Strange	-1/3
c	Charm	+2/3
b	Bottom	-1/3
t	Top	+2/3

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rayonnements particulaires

Particules chargées lourdes

Particules	Énergie	Pénétration à travers le tissus	Application
Protons	938.27 MeV	25 cm pour 250 MeV	Protonthérapie
Alpha	3.73 GeV	< 0.1 mm (~10 cellules)	Radiothérapie interne (radionucléides émetteurs alpha)
Ions lourde (C^{6+})	80 à 400 MeV/u	2 à 27 cm	Carbonothérapie



Centre de protonthérapie d'Orsay

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Rayonnements particulaires

Particules chargées légères

Particules	Énergie (Mev)	Pénétration à travers le tissu	Application
Électrons	5 - 28 MeV	< 10 cm	Électronthérapie



Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

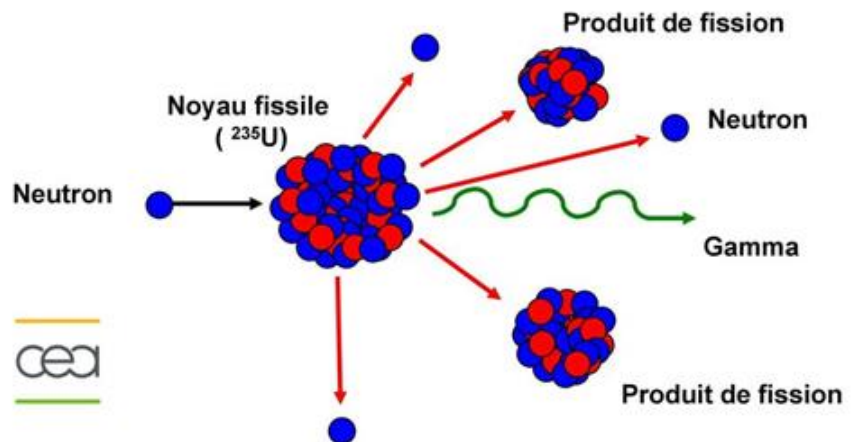
Rayonnements particulaires

Particules non chargées

Dans le domaine médical, on ne considère que les rayonnements de neutrons.

Particules	Énergie (Mev)	Pénétration à travers le tissu	Application
Neutrons	0.025 eV à > 20 MeV	15 à 20 cm (13 MeV)	Neutronthérapie

Le neutron n'étant pas chargé, il ne produit pas d'ionisations en traversant la matière. Les neutrons provoquent des fissions nucléaires et génèrent des rayonnements ionisants.



Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité Généralité

On appelle radioactivité la transformation d'un noyau atomique au cours de laquelle un rayonnement est émis.

Parmi les 3000 nucléides connus, il en existe environ 340 naturels :

- ❑ 270 sont stables, leur noyau ne se modifie pas spontanément au cours du temps;
- ❑ 70 sont instables, car ils sont radioactifs

Le corps humain contient également des éléments radioactifs : le potassium-40 (> 50% de l'irradiation) et le carbone 14.

Au total 8000 atomes de potassium-40 et de carbone-14 se désintègrent par seconde dans notre corps : nous sommes nous-mêmes radioactifs.

Produit	Activité en Bq/kg
Lait entier	44
Lait en poudre	300
Fromage	59
Boeuf, mouton, volaille	100
Saucisse	130
Oeufs	44
Poisson	90
Pommes de terre	170
Fruits rouges	110
Legumes verts	150
Pain blanc	56
Avoine	130
Soja	440
Thé	770

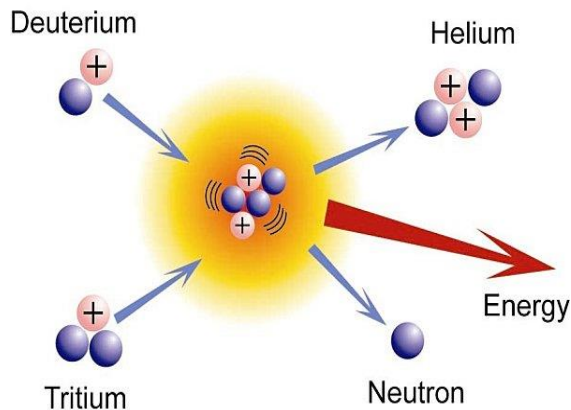
Activité du ^{40}K dans divers aliments

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

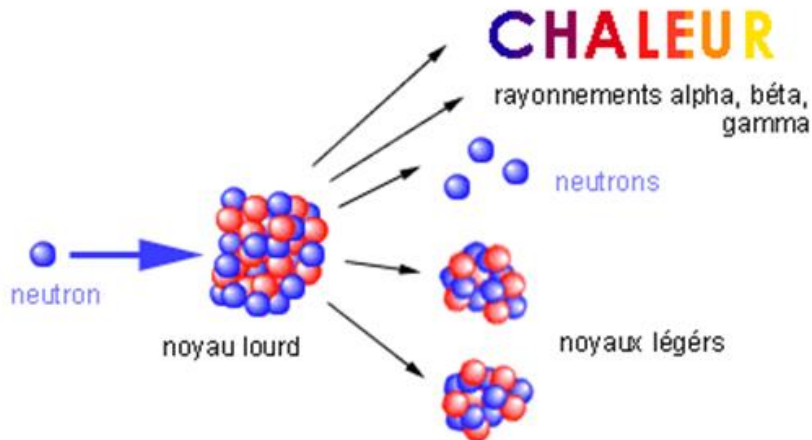
Stabilité des noyaux – énergie de liaison par nucléon

Fission et fusion



La fusion nucléaire est l'assemblage de deux noyaux atomiques légers pour former un noyau plus lourd.

En l'état présent de la technologie, le combustible le plus efficace est un mélange à parts égales de deutérium et de tritium.



L'énergie dégagée par la fission nucléaire a débouché sur deux utilisations humaines : les réacteurs nucléaires (sous contrôle) et la bombe A (sans contrôle).

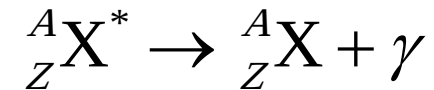
Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulières

Radioactivité

Les radiations nucléaires de désexcitation

Émission gamma

Équation générale pour le rayonnement γ



Les rayons γ qui sont des photons de hautes énergies sont produits au cours des transitions des noyaux entre divers niveaux d'énergie.

Les rayons gamma sont en général émis peu après une désintégration bêta ou alpha ou lorsqu'un noyau a été porté à un état excité à la suite d'une collision.

Désintégration alpha

Le processus α correspond à l'émission d'un noyau d'He 4.
$${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He} + \gamma$$

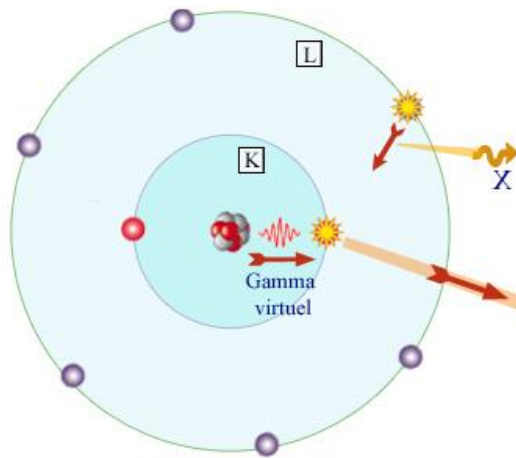
Le noyau fils se retrouve généralement dans un état excité. Il retombe dans l'état fondamental, d'énergie minimum, en émettant un photon γ .

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Les radiations nucléaires de désexcitation

Électron de conversion interne



Saut d'un électron
L sur la couche K

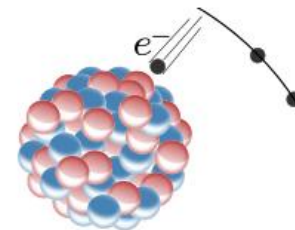
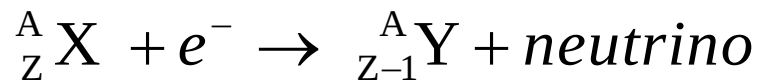
Éjection d'un
électron de la
couche K

Le gamma interagit avec un des électrons
de la couche K.

L'éjection de l'électron cause un vide sur la
couche interne qui sera occupée par un
électron de la couche L.
Un rayon X est émis.

Capture électronique

L'atome instable se stabilise en capturant un électron de l'orbitale la plus interne et en le combinant avec un proton pour en faire un neutron.



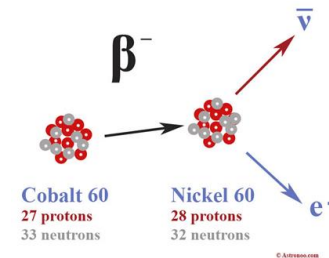
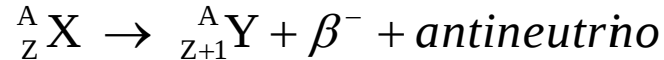
Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Les processus de désintégrations radioactives

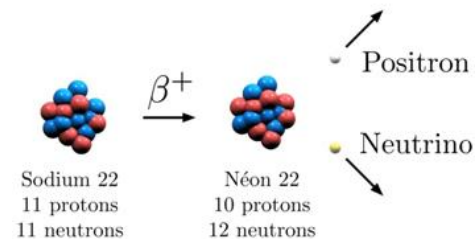
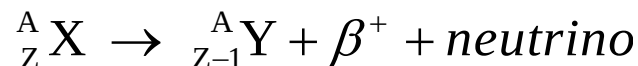
Désintégration bêta moins

Le **processus β^-** correspond à l'émission d'un e^- par le noyau, accompagné de la transmutation d'un **neutron en proton**. Il concerne les isotopes avec un excès de neutrons.



Désintégration bêta plus

Le **processus β^+** correspond à l'émission d'un e^+ (positron) par le noyau, accompagnée de la transmutation d'un **proton en neutron**. Il concerne les isotopes avec un excès de protons.

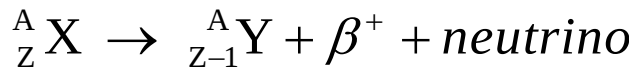


Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

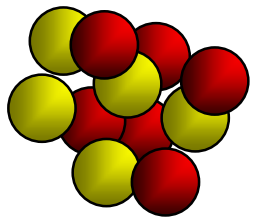
Les processus de désintégrations radioactives

Phénomènes secondaires - l'annihilation

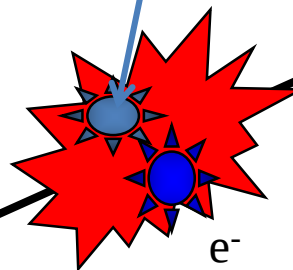


TEP scan d'un patient
avec métastase

Source de positron =
Fluorodésoxyglucose = (^{18}F -FDG)



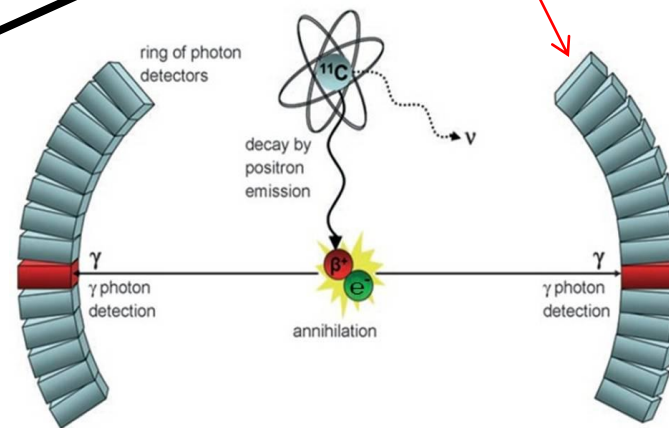
Émission de
positron



Annihilation

Rayon γ
511 keV

Détecteurs
gamma



Whole body PET scan of patient
with metastatic disease

Rayon γ
511 keV

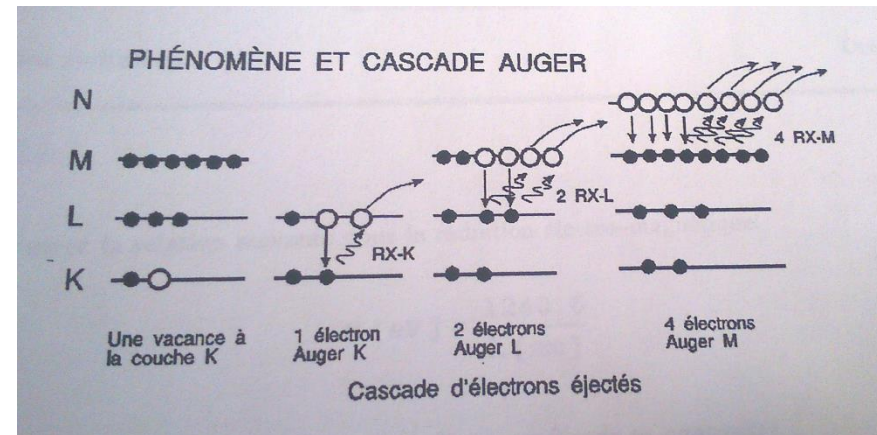
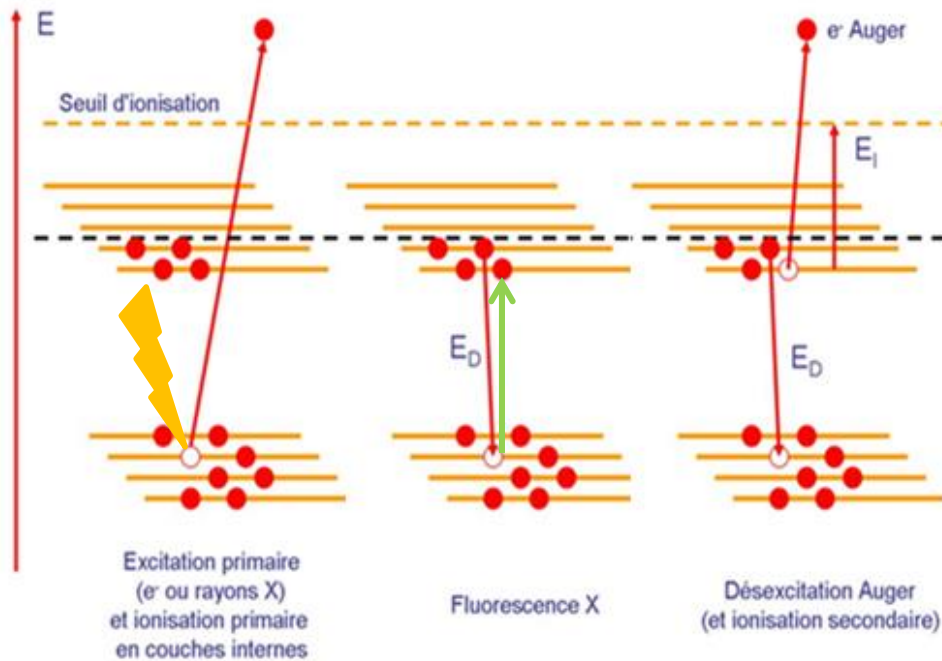
Tomographie par Émission de Positons (TEP)

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Les processus de désintégrations radioactives

Phénomènes secondaires - électron Auger



Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Loi de décroissance radioactive

$$\lambda = \frac{\text{probabilité de désintégration}}{\text{unité de temps}} = \frac{\left(\frac{\text{nombre de désintégrations}}{\text{nombre de noyaux}} \right)}{\text{unité de temps}} = \frac{\left(\frac{-dN}{N} \right)}{dt}$$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad \longrightarrow \quad \int_0^t \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda dt \quad \longrightarrow \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\longrightarrow \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N : nombre de radionucléides présents au temps t

N_0 : nombre de radionucléides présents à l'instant initial t_0

λ est appelée constante radioactive d'une espèce nucléaire λ est en s^{-1} .

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

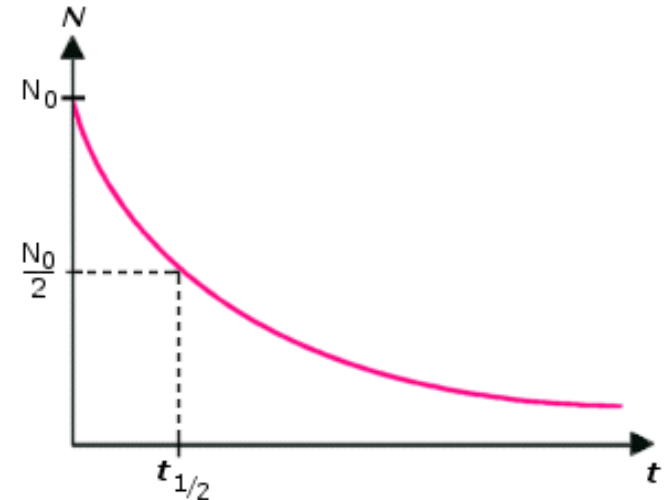
Loi de décroissance radioactive

Unités de l'activité d'une source: 1 Bq = 1 désintégration par seconde et 1 μCi = 37 kBq

Activité radioactive: $A = \lambda N = A_0 e^{-\lambda t}$

A_0 = Activité radioactive du radio-isotope à $t = 0$

La demi-vie ou période: temps au bout duquel la moitié des noyaux initiaux se sont désintégrés



$$N = \frac{N_0}{2} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 \times e^{-\lambda T}$$

$$T = \tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

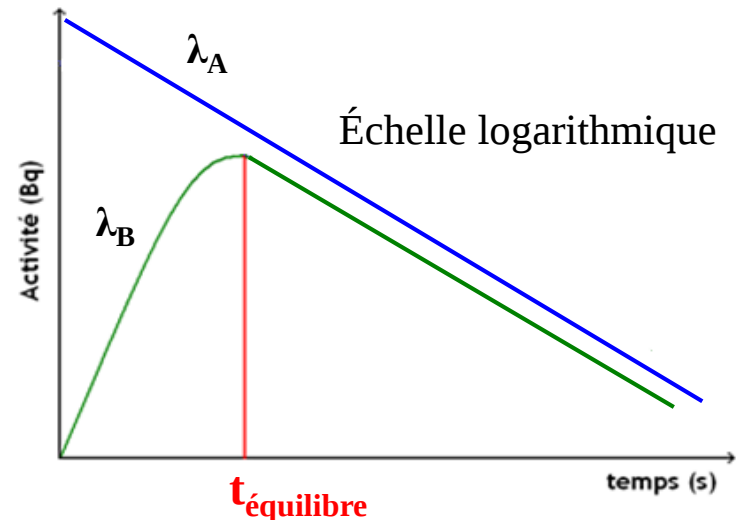
La filiation radioactive

Une filiation radioactive est un enchaînement d'émission de radioactivités successives par les éléments qui se forment.

Un noyau père A composé, à $t = 0$, de N_{A0} noyaux radioactifs, de constante radioactive λ_A . A se désintègre en un noyau-fils B, lui-même radioactif de constante radioactive λ_B .



$$t_{\text{équilibre}} = \frac{\ln(\lambda_B / \lambda_A)}{\lambda_B - \lambda_A}$$

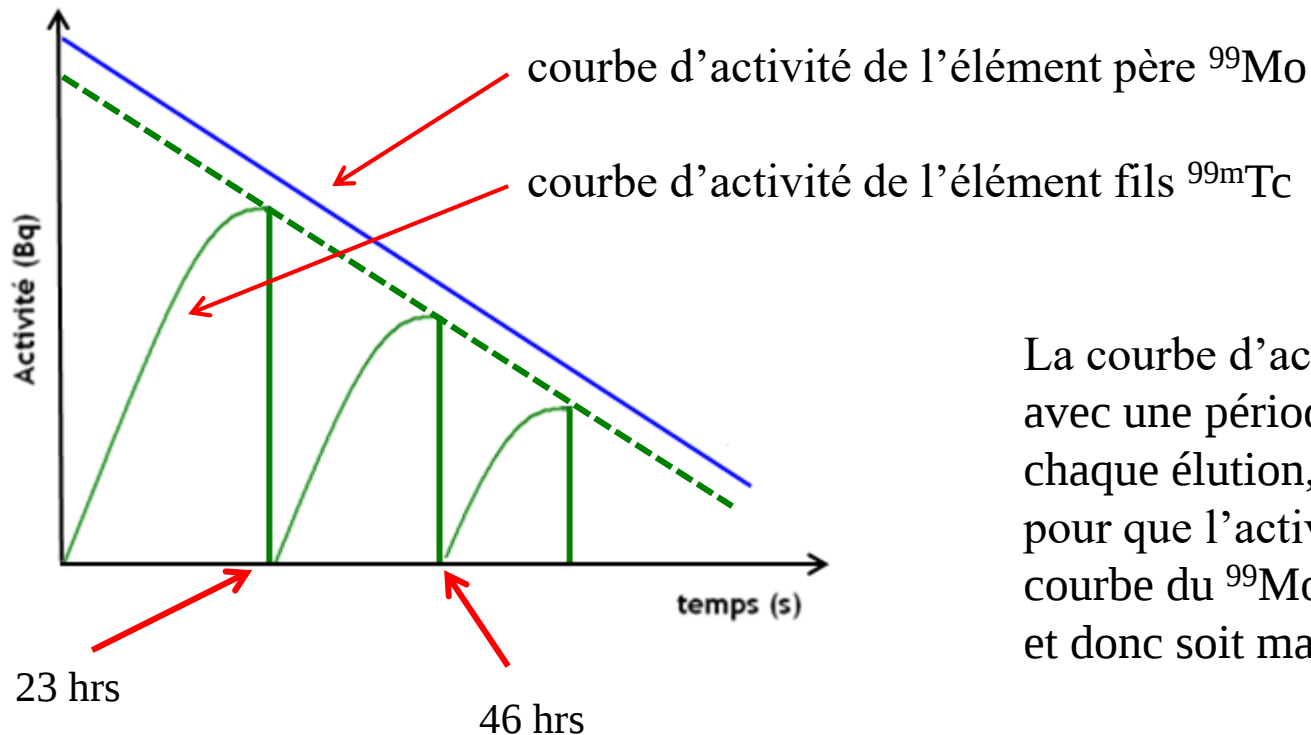


Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

La filiation radioactive - équilibre de régime

Exemple : Les générateurs isotopiques ($\text{Mo}^{99}/\text{Tc}^{99\text{m}}$)



La courbe d'activité du ^{99}Mo décroît avec une période de 66 h. Après chaque élution, il faut attendre 23 hrs pour que l'activité du $^{99\text{m}}\text{Tc}$ rejoigne la courbe du ^{99}Mo (équilibre de régime) et donc soit maximale.

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Période biologique et période efficace

Un élément radioactif ayant pénétré dans l'organisme peut soit :

- ❑ se répartir de façon homogène dans tout l'organisme (^3H , ^{24}Na , ^{36}Cl);
- ❑ soit se concentrer dans un ou plusieurs organes cibles (^{131}I dans la thyroïde).

L'élimination de l'activité incorporée s'effectue par la combinaison de la décroissance radioactive du radionucléide et de l'élimination biologique propre à l'organe cible selon une loi exponentielle.

$$A = A_0 \times e^{-\left(\frac{\ln 2}{T} + \frac{\ln 2}{T_b}\right)t}$$

T_b = période biologique = le temps nécessaire pour que la moitié de la quantité d'une substance introduite dans un organe soit éliminée.

T = période physique = le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents se désintègrent naturellement

T_{eff} = période efficace = le temps au bout duquel l'activité dans l'organisme aura été divisée par deux, du fait de ces deux décroissances.

$$\frac{1}{T_{\text{eff}}} = \frac{1}{T} + \frac{1}{T_b}$$

Radionucléide	Organe cible	T	T_b	T_{eff}
^3H	organisme entier	12 ans	10 jrs	10 jrs
^{131}I	thyroïde	8 jrs	140 jrs	7,6 jrs
^{239}Pu (Plutonium)	os	24400 ans	200 ans	200 ans

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Les générateurs isotopiques

Un générateur de radionucléides est un dispositif qui fournit un approvisionnement local en une substance radioactive ayant un temps de vie court issu de la désintégration d'un radionucléide parent à temps de vie plus longue.

Ils sont couramment utilisés en médecine nucléaire. Le générateur fournit un moyen de séparer le produit souhaité du parent, généralement dans un processus qui peut être répété plusieurs fois au cours de la vie du parent.

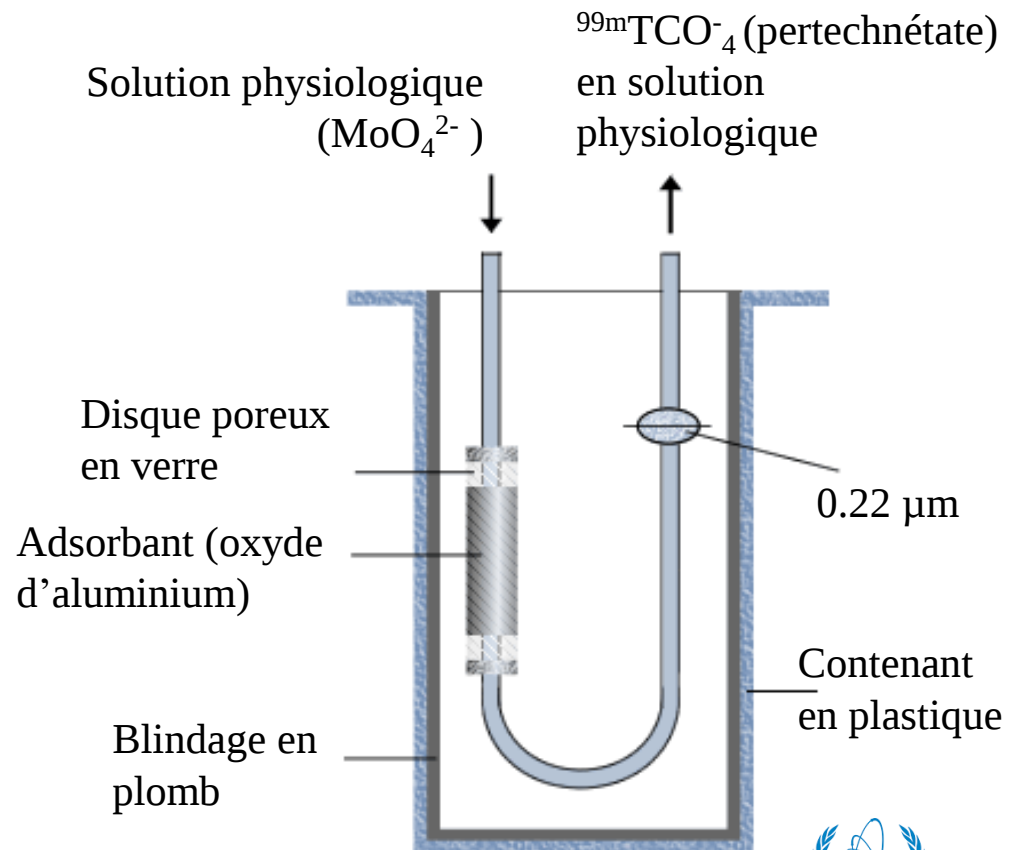
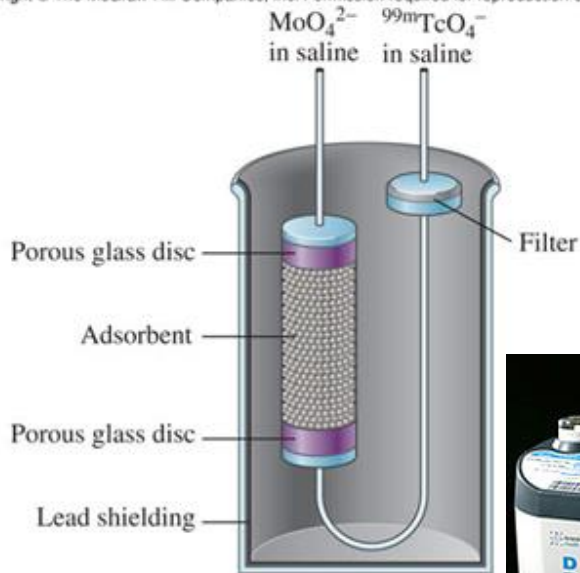
Générateur Isotopique	Parent	Fils
Technétium	^{99}Mo	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
Rubidium	^{82}Sr	^{82}Rb
Gallium	^{68}Ge	^{68}Ga
Cuivre	^{62}Zn	^{62}Cu
Krypton	^{82}Rb	$^{81\text{m}}\text{Kr}$
Yttrium	^{90}Sr	^{90}Y
Rhénium	^{188}W	^{188}Re

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

Les générateurs isotopiques ($\text{Mo}^{99}/\text{Tc}^{99\text{m}}$)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



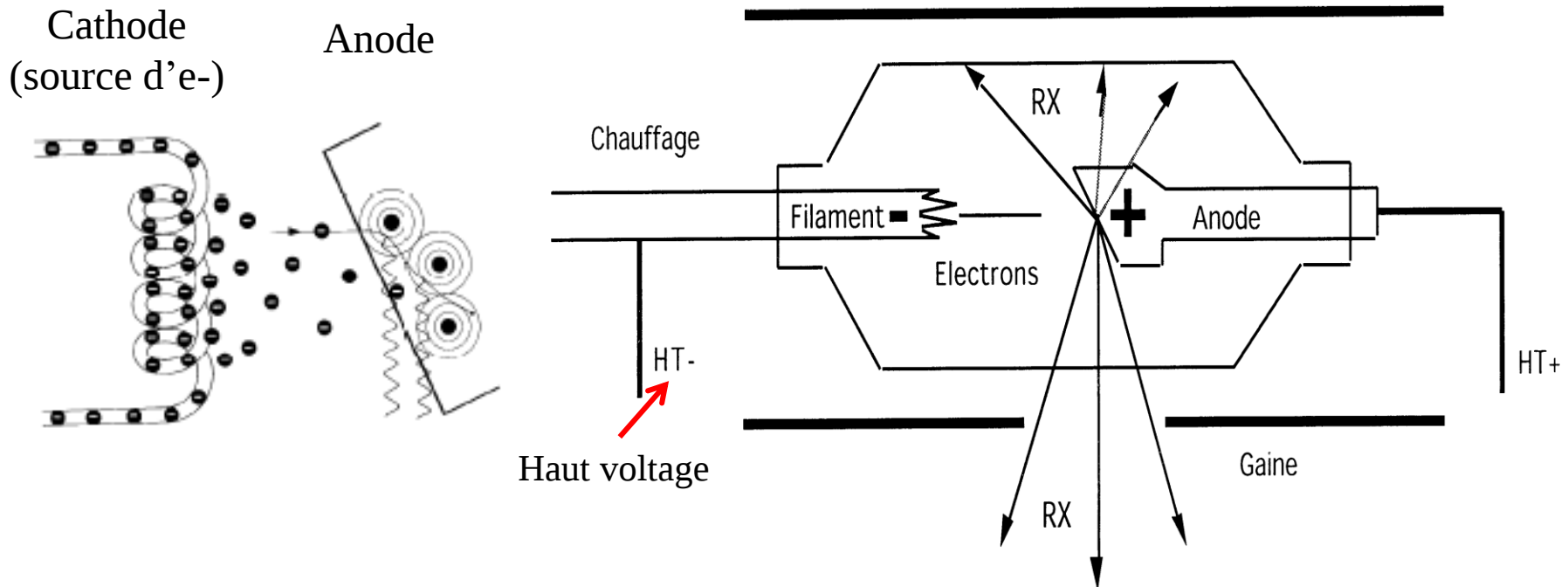
IAEA
International Atomic Energy Agency

Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

La production des rayons X

Le Tube à Rayons X



- La chaleur apporte une énergie suffisante pour que les électrons quittent son support.
- Ces e- sont soumis à une tension accélératrice qui confère une grande énergie aux e- émis.
- Une cible métallique pour freiner et absorber les électrons et produire les RX

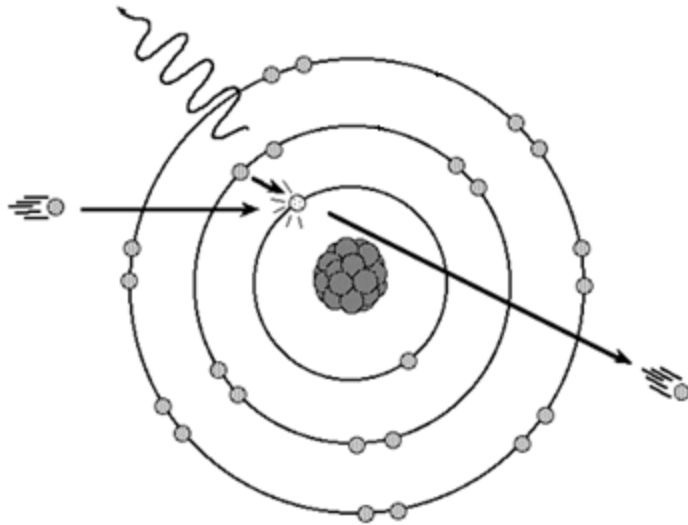
Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

La production des rayons X

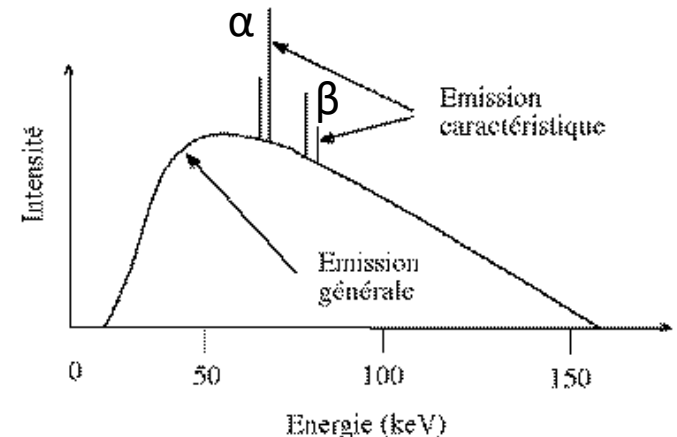
Mécanismes - collisions

Collisions (électrons des atomes de l'anode)



- Éjection d'un électron (ionisation)
- Réaménagement électronique
 - Déplacement des électrons
 - Excédent d'énergie sous forme de fluorescence x

Énergie de Fluorescence = différence d'énergie entre 2 couches électroniques (émission caractéristique)



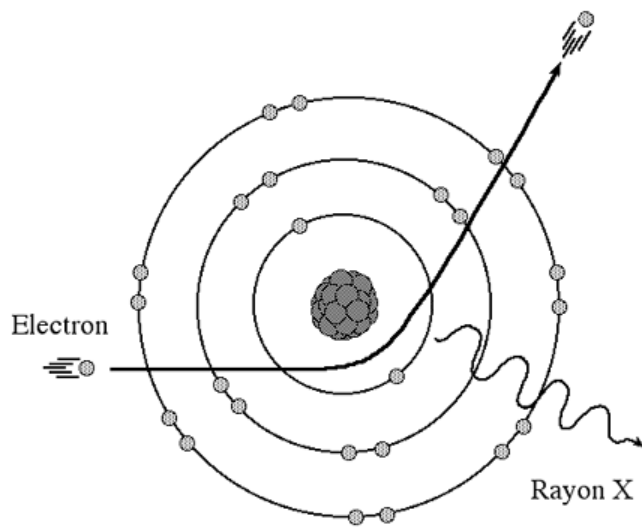
Chapitre I : Radiations électromagnétiques et particulaires

Radioactivité

La production des rayons X

Mécanismes – rayonnement de freinage

Freinage (noyaux des atomes de l'anode)



Ce phénomène est le plus utilisé dans les générateurs à RX

Électron subissant la force d'attraction d'un noyau atomique

- Ralentissement et déviation
- Perte d'énergie sous forme de photons
- Émission continue (générale)

Plus Z est grand, plus le phénomène sera important

