

Chapitre 2

Les rayonnements d'intérêt biomédical

1. Introduction

2. Rayonnement corpusculaire

2.1 Les particules chargées

2.2 Les particules non chargées

3. Les ondes électromagnétiques

3.1 Définitions

3.2 Aspect corpusculaire

3.3 Gamme des fréquences

3.4 Les 2 types de rayonnement

1 - Introduction

Les rayonnements de particules massiques

destruction de tissus par dépôt d'énergie

→ radiothérapie externe

→ radiothérapie métabolique

Les rayonnements électromagnétiques

Peuvent être **ionisants** ou **non ionisants**

- ionisant : radiothérapie et imagerie médicale

- non-ionisant : RMN, laser ...

Les ondes sonores

imageries échographique et thérapeutique

→ Pas vus ici

2 – Rayonnements corpusculaires

action générale : altération des liaisons covalentes

Constitués de particules élémentaires
(masse au repos non nulle)

En médecine : électrons, protons, He, neutrons,

Source : désintégration ou accélérateur

rayonnements toujours ionisants

particules **chargées** ou **non chargées**

2 – Rayonnements corpusculaires

Rayonnement corpusculaire	Chargées Lourdes	Chargées légères	Neutres
	proton neutron α, O^{6+}	électron positon	Neutron
Masse	938,28 MeV/c ² $\approx 10^{-27}$ kg 1,007 uma	511 keV/c ² 10^{-30} kg	939,6 MeV/c ² $\approx 10^{-27}$ kg 1,009 uma
Energie	eV → GeV		> 0.8 MeV 1eV à 0.8 MeV \approx eV
longueur d'onde	$\approx 10^{-15}$ m	$\approx 10^{-13}$ m	$\approx 10^{-15}$ m
Durée de vie	∞	∞	878,5 ± 0,8 s
Applications	irradiation surface radiothérapie protonthérapie	irradiation surface (plus profonde) Radiothérapie	Irradiation plus profonde

3 - Les ondes électromagnétiques

3.1 Définition

Propagation d'un champ électrique ET magnétique

La source est un mouvement de charges

Les champs sont régis par 4 équations:

Les équations de Maxwell

se propagent dans la matière ET dans le vide

dans le vide : la vitesse de propagation est constante:

$$c = 299,8 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

dans la matière la vitesse dépend d'un coefficient:

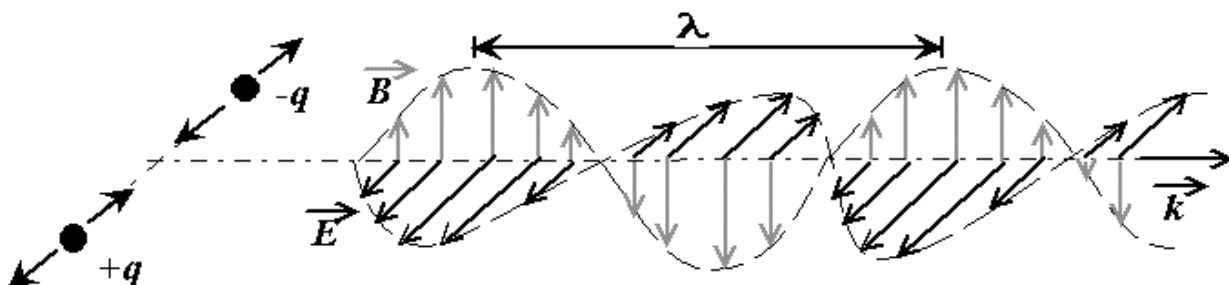
n = indice de réfraction du milieu

$$c_n = \frac{c}{n}$$

Les champs E et B sont \perp entre eux

Les champs E et B sont \perp à la dir. de propagation

$$\vec{B} = \frac{\vec{u} \wedge \vec{E}}{c}$$



OEM sinusoïdale ou monochromatique

3.2 Aspect corpusculaire

L'OEM peut être assimilée à une particule → le photon

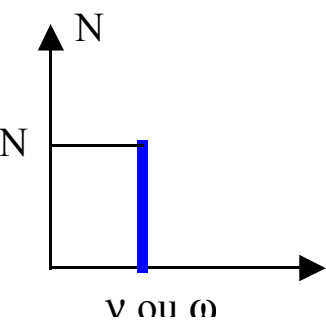
Le photon n'a pas de masse et se déplace à la vitesse c

Le photon transporte un quantum d'énergie $E = h\nu$
($h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$)

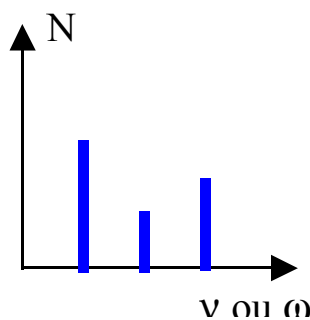
ou encore
$$E(eV) = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

rayonnement monochromatique
tous les photons ont même énergie

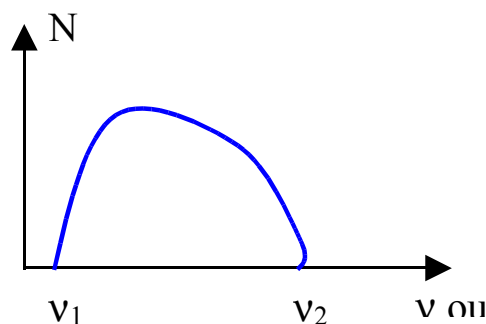
rayonnement polychromatique
tous les photons ont des énergies différentes



Spectre
monochromatique



Spectre
polychromatique



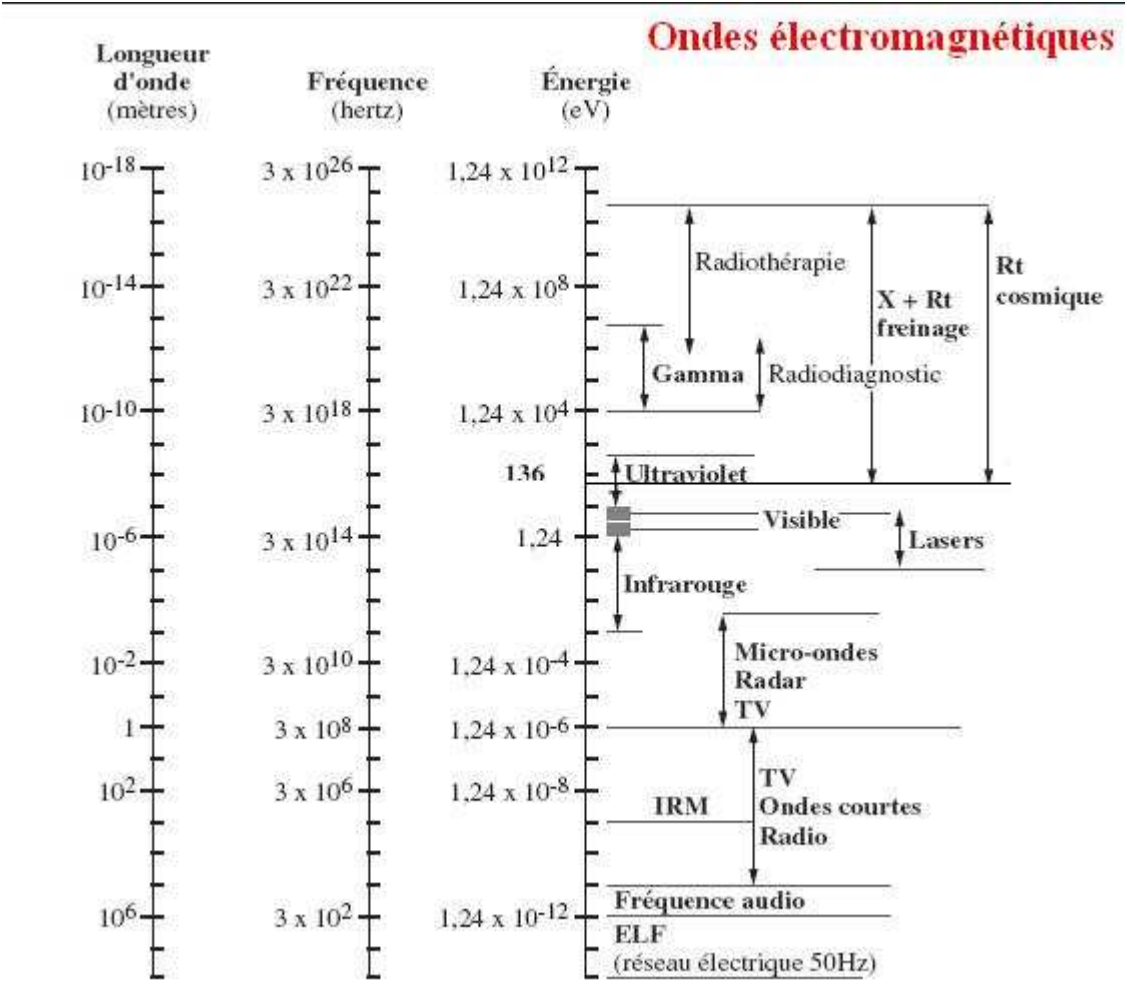
Spectre
continu

3.3 Gamme des fréquences

Gamme des longueurs d'onde
 de $10^3 \rightarrow 10^{-18}$ m (km au millième de femtomètre)

Gamme des fréquences :
 de $10^2 \rightarrow 10^{26}$ Hz (Hertz au yottahertz)

Gamme des énergies :
 de $10^{-12} \rightarrow 10^{12}$ eV (pico au tétraélectronvolt)



3.4 Deux types de rayonnements électromagnétiques

Interaction avec matière \rightarrow 2 types de rayonnement

Energie de liaison de l'atome d'hydrogène \rightarrow 13,6 eV

Même ordre de grandeur pour :

O_2 , N_2 , air (34eV), H_2O (32eV)

Pour les gros atomes \rightarrow centaine de keV

$$E(eV) = -13.6 \frac{Z^2}{n^2}$$

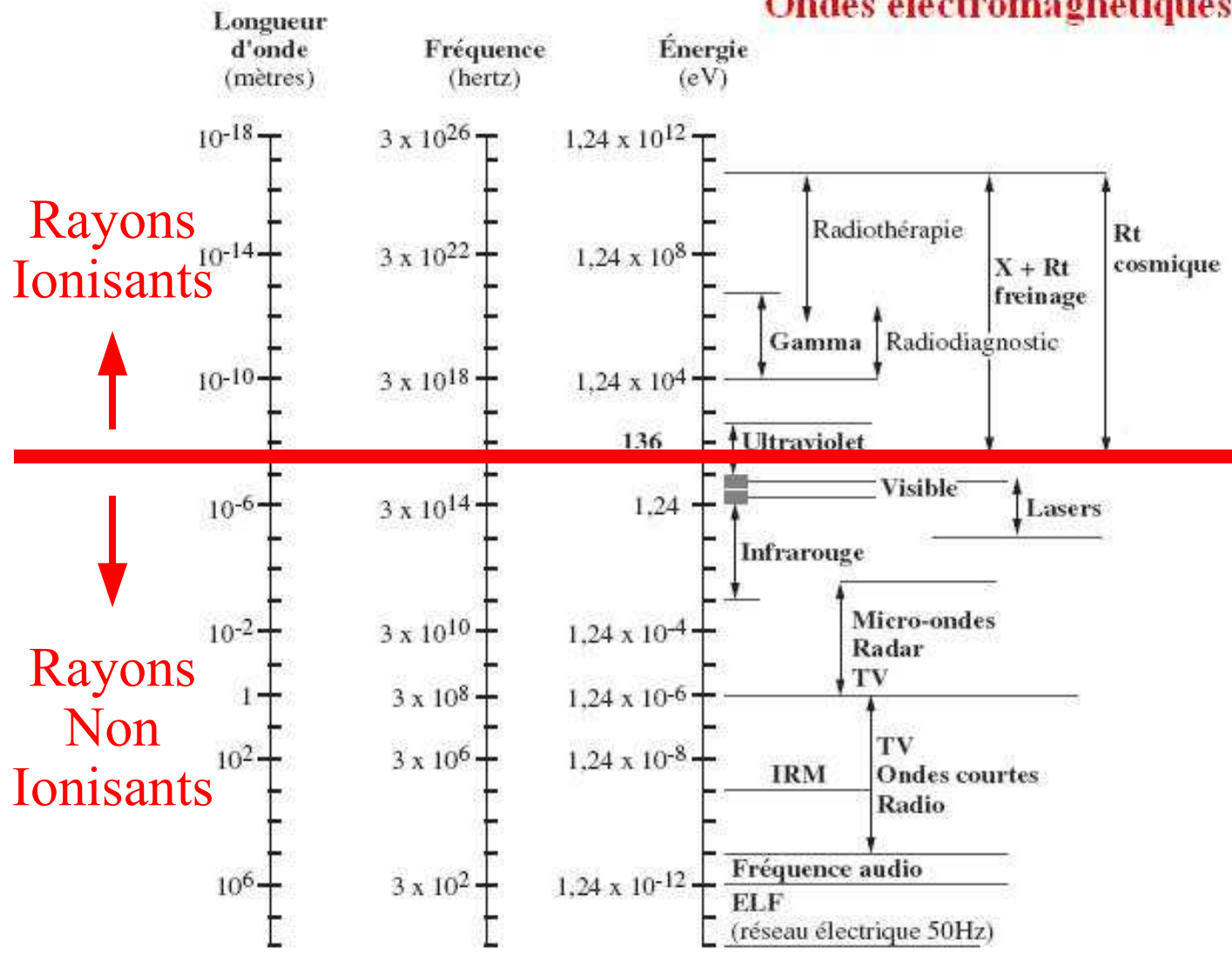
Seuil conventionnel :

$$\mathbf{E_s} = 13,6 \text{ eV} \rightarrow 3 \cdot 10^6 \text{ GHz} \rightarrow 100 \text{ nm}$$

Si $E_{\text{ph}} > 13,6 \text{ eV} \Rightarrow$ rayonnements ionisants

Si $E_{\text{ph}} < 13,6 \text{ eV} \Rightarrow$ rayonnements non-ionisants

Ondes électromagnétiques



3.4-1 Rayonnements ionisants

Rayonnements γ , RX et UV

Les rayonnements γ

- gamme d'énergie : 10^3 à 10^6 eV
- origine : nucléaire et annihilation d'antiparticules
- application: radiographie non superficielle, imagerie

Les rayonnements X

- gamme d'énergie : 10^2 à 10^{12} eV (idem Ray γ)
- origine : - réarrangement électronique (K, L)
- rayonnement de freinage
- application : imagerie et radiothérapie

Les rayonnements UV

- gamme d'énergie : 400 nm à 10 nm
- origine : matériaux excités, arc électrique, lampe à vapeur, laser...
- application : maladie de la peau (cancérogène)

3.4-2 Rayonnements non-ionisants

Le rayonnement visible

- gamme d'énergie : 1 à 3 eV (couleurs)
- origine : atomique et moléculaire

Les rayonnements infra-rouges

- gamme d'énergie : 0,76 mm à qqes millimètres
- origine : moléculaire
- application : thermographie, anti-inflammatoire

Les rayonnements micro-ondes (hyperfréquences)

- gamme d'énergie : de qqes millimètre au mètre
- origine : antenne

Les rayonnements Hertzien

- gamme d'énergie : du mètre au kilomètre
- origine : antenne
- application : imagerie et spectroscopie RMN