

module de physique

(BIO)PHYSIQUE DES RAYONNEMENTS

[ondes électromagnétiques - dualité onde corpuscule - rayonnement particulaire]

notions à retenir

Pr. M. CHEREF

Département de Médecine Dentaire
Faculté de Médecine – Université ALGER 1

Rappels

radiation électromagnétique

classification des ondes électromagnétiques (rayonnement ionisant ou non ionisant)

notions de double périodicité temporelle et spatiale

longueur d'onde et célérité

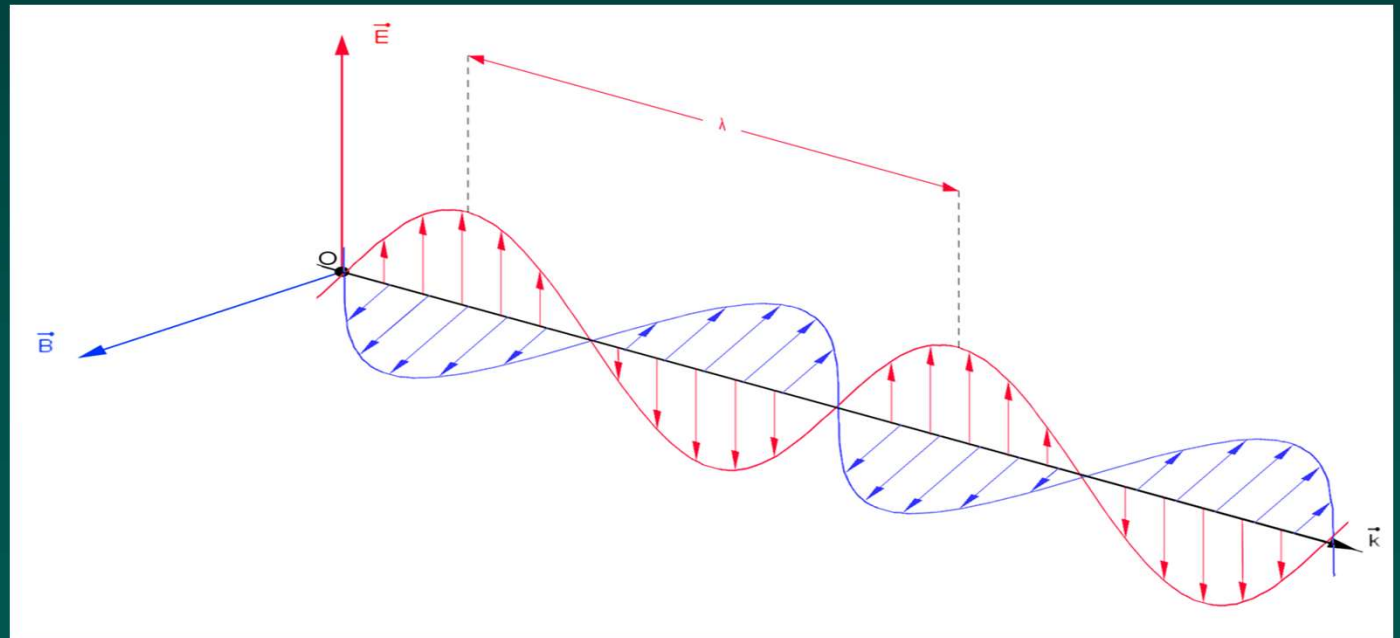
II- Définitions et caractérisation (4)

➤ onde électromagnétique (a)

- C'est la propagation simultanée d'un Champ électrique E et d'un Champ magnétique B qui vibrent à la même fréquence.
- Exemples : la lumière visible, les rayonnements X,

ONDE TRANSVERSALE

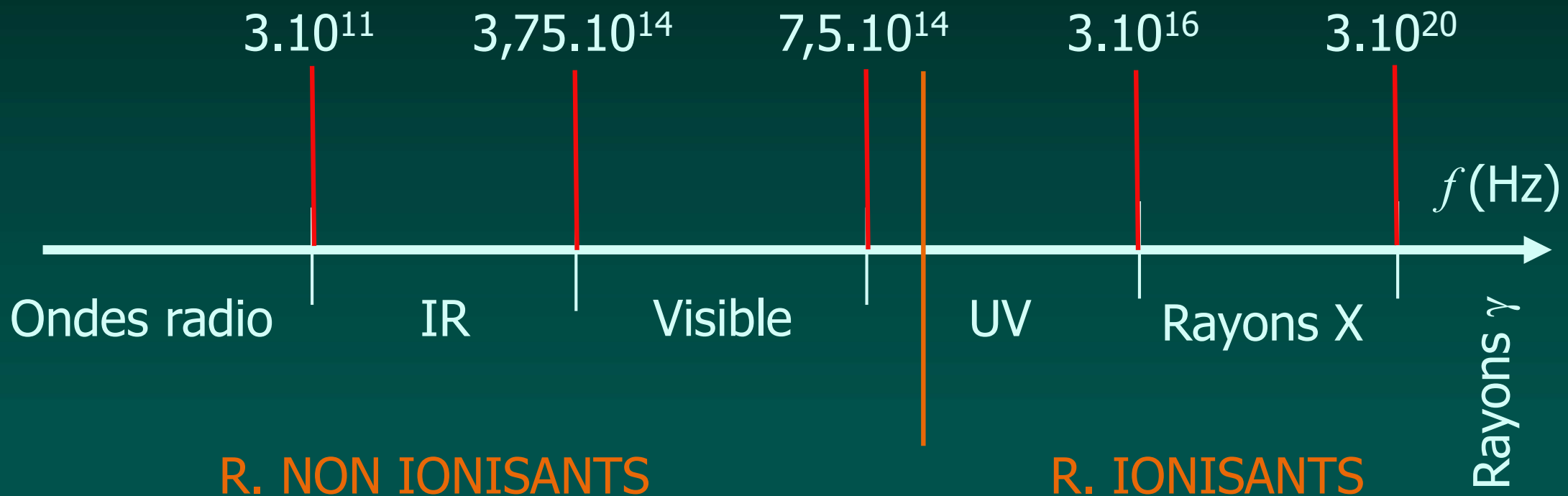
représentation schématique



II- Définitions et caractérisation (5)

➤ onde électromagnétique (b)

Radiation électromagnétique : rayonnement non ionisant (exemple de la lumière visible) et rayonnement ionisant (exemples des rayonnements X)



RADIATIONS ELECTROMAGNETIQUES : CLASSIFICATION

III- Double périodicité et célérité d'une onde

➤ Caractérisation (a)

■ Périodicité spatiale

longueur d'onde λ :

Distance parcourue par l'onde en une période temporelle T

■ Périodicité temporelle

période T d'une grandeur g (fonction du temps) :

Temps le plus petit qui vérifie l'équation $g(t+T) = g(t)$

■ Périodicité temporelle

fréquence f :

Nombre de fois où l'onde oscille sur un cycle **chaque seconde**

$$f = \frac{1}{T}$$

III- Double périodicité et célérité d'une onde

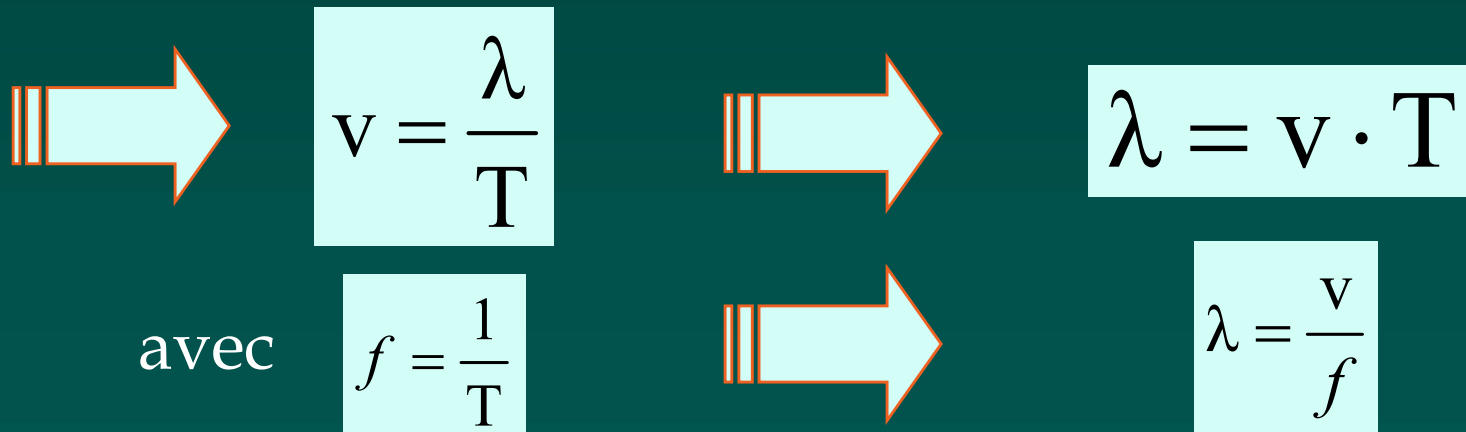
➤ Caractérisation (b)

■ Célérité d'une onde

Célérité v :

Vitesse à laquelle l'onde se propage dans le milieu considéré
(v dépend du milieu dans lequel l'onde se propage)

■ Relation mathématique entre la longueur d'onde et la période T


$$v = \frac{\lambda}{T}$$

avec $f = \frac{1}{T}$

$$\lambda = v \cdot T$$
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

longueur d'onde λ : caractéristique extrinsèque de l'onde électromagnétique

Dualité Onde – Corpuscule ?

I- Historique et Problématique

EXPÉRIENCE DE L'EFFET PHOTOÉLECTRIQUE



MISE EN DÉFAUT DE LA THÉORIE ONDULATOIRE

+

HYPOTHÈSE DU QUANTUM D'ÉNERGIE

II- Effet photoélectrique (1)

➤ Notion de Photon

Théorie des Quantas reprise par Einstein

- La lumière est constituée de grains (ou particules) : LES PHOTONS
- Ces particules : Énergie accumulée en paquets LES QUANTAS
- Chaque Quantum : UNE QUANTITE D'ENERGIE E

$$E = h \cdot \nu$$

Avec ν = Fréquence
h, constante de Planck : $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ SI

II- Effet Photoélectrique (3)

➤ Loi du Tout ou Rien

E , énergie du Photon

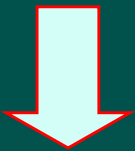
$$E \geq W$$

W , Barrière de Potentiel

(énergie nécessaire pour libérer l'électron)

E_c , énergie cinétique de l'électron

$$E_c = E - W$$



$$E_c = h\nu - W$$

Dans le vide (la célérité vaut $c = 3.10^8$ m/s)



$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$



$$E_c = \frac{hc}{\lambda} - W$$

II- Effet Photoélectrique (5)

➤ Énergie Seuil W_0

E (Énergie du Photon)

énergie pour arracher l'électron à l'attraction du noyau

$$E = W$$

W (Barrière de Potentiel)

Définition de la Fréquence seuil ν_0

Dans le vide

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_0 = h\nu_0$$

$$W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = \frac{12400}{W_0(\text{eV})}$$

III- Dualité Onde – Corpuscule

- Théorie des Quantas : la lumière est corpusculaire
- Théorie ondulatoire : la lumière est une OEM

➔ Notion Dualistique de la Lumière (L. De Broglie)

$$p = \hbar \cdot k$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$



$$p = \frac{h}{\lambda}$$

Rayonnement Particulaire ?

I- Problématique

➤ Mise en défaut de la Mécanique de Newton

Énergie de plus en plus grande



Les particules sont animées de vitesses de plus en plus importantes

➤ Notion de Particules relativistes

(lorsque la Mécanique Newtonienne ne peut expliquer le comportement de celles-ci)

$$\frac{v}{c} \geq 0,1$$

Avec $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

II- Mécanique Relativiste (1)

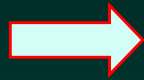
➤ Postulats

- Le Repos absolu n'existe pas
- Tous les référentiels galiléens sont équivalents pour décrire les lois fondamentales de la Physique
- Il existe une vitesse limite pour toute propagation. Cette vitesse est une constante universelle.
Elle vaut c , la vitesse de propagation de la lumière dans le vide ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

II- Mécanique Relativiste (3)

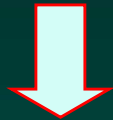
➤ Aspects énergétiques

$$E = m \cdot c^2$$



$$E = m \cdot c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot c^2$$

$$+ \quad \beta = \frac{v}{c}$$



$$E = \alpha \cdot m_0 \cdot c^2$$



$$E = \alpha \cdot m_0 \cdot c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \cdot c^2$$



$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$



$$E_C = (\alpha - 1) \cdot m_0 \cdot c^2$$



$$E_C = E - E_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \cdot m_0 \cdot c^2$$

II- Mécanique Relativiste (4)

➤ Quantité de Mouvement et Énergie

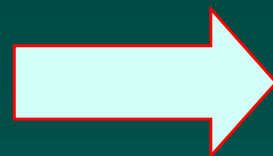
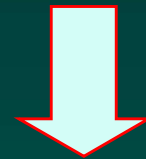
$$E = m \cdot c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot c^2 \quad \Rightarrow \quad E = \alpha \cdot m_0 \cdot c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \cdot c^2 \quad \text{avec} \quad \beta = \frac{v}{c}$$

+

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

+

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$



$$E^2 = m_0^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2$$