



PASS UE Bases physiques des explorations 2020-2021

ED numéro 1 : Les ondes électromagnétiques

Données numériques :

$$\text{Cte de Planck} \sim 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$\text{Charge élémentaire} \sim 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{Masse de l'électron } m_e \sim 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 511 \text{ keV}/c^2$$

$$\log(2) \sim 0,3 \text{ et } \ln(10) \sim 2,3$$

$$\pi \sim 3$$

Dans les différents exercices on considérera un système de coordonnées cartésiennes, $\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$ étant les vecteurs unitaires.

Exercice 1

Soit un faisceau de photons d'énergie 3 eV.

- Calculer la longueur d'onde des photons en nanomètre.
- Calculer l'énergie de chaque photon en joule.
- Est-ce que ce type de rayonnement peut être qualifié de « ionisant » ? est-il utilisé en médecine (diagnostic, radiothérapie, ophtalmologie, ...) ?

Exercice 2

- Quelle est la valeur dans le système SI de la période et de la pulsation d'un phénomène vibratoire de fréquence 10 mégahertz ?
- Une radiation lumineuse de fréquence 500 térahertz se propage dans le verre avec une célérité de $2 \cdot 10^8$ mètres par seconde. Calculer les longueurs d'onde de cette radiation dans le vide et dans le verre (en nanomètre).
- Calculer la valeur (en joule puis en eV) de l'énergie de masse d'un positron au repos.

- d) Calculer la valeur de la longueur d'onde (en picomètre) de l'onde associée à des électrons allant à la vitesse de 10^6 mètres par seconde.
- e) Quelle est la valeur (en joule et en eV) de l'énergie d'un photon de longueur d'onde dans le vide égale à 500 nanomètres ?

Exercice 3

Soit une onde électromagnétique se propageant dans le vide à une vitesse c et dont le champ électrique est représenté à partir du nombre d'onde (k) et de la pulsation (ω) par $\vec{E}(y, t) = E_0 \vec{u}_x \cos(-ky + \omega t)$. On admettra que l'intensité lumineuse représente la valeur moyenne du carré du champ électrique par rapport au temps.

- a) Cette onde est-elle monochromatique ? est-elle stationnaire ?
- b) Est-ce que le champ électrique peut être écrit sous la forme :
 $\vec{E} = E_0 \vec{u}_x \cos(k(y - ct))$? justifier la réponse.
- c) Calculer l'intensité lumineuse de cette onde.
- d) Que vaut l'intensité lumineuse de cette onde après la traversée d'un matériau dont la transmittance (coefficient de transmission) est de 25 % ?

Exercice 4

Une onde électromagnétique de pulsation ω se propage dans le vide. En un point M (x, y, z) de l'espace, à l'instant t , l'expression de son champ électrique, dans le Système International d'unités, est donnée par l'expression suivante :

$$\vec{E}(x, t) = E_0 \sin(\omega t - 600x) \vec{u}_z$$

- a) Déterminer la direction et le sens de propagation de l'onde.
- b) Faire un schéma précisant la direction du champ magnétique de l'onde.
- c) Calculer, dans le système SI, la longueur d'onde et la fréquence de l'onde.
- d) Calculer, dans le système SI, puis en eV, l'énergie d'un photon.

Exercice 5

On considère une onde électromagnétique dont l'expression du champ électrique, en unités SI, est $\vec{E} = E_0 \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{2.10^{-15}} - \frac{x}{6.10^{-7}}\right)\right) \vec{u}_x - E_0 \cos\left(2\pi\left(\frac{t}{2.10^{-15}} - \frac{x}{6.10^{-7}}\right)\right) \vec{u}_z$

- a) Est-ce que cette onde est visible par l'œil humain ?

- b) Quelle est sa fréquence et son amplitude ?
- c) Que décrit la pointe du vecteur champ électrique quand $x = 0$?

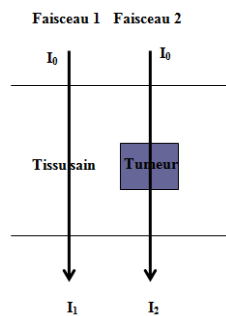
Exercice 6

Un faisceau de rayons X, assimilé à un rayonnement monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 4,5.10^{-2}$ nanomètre, traverse 2 cm d'os. Ce matériau atténue de 90 % l'intensité du faisceau incident.

Déterminer, en $(\text{centimètre})^{-1}$, la valeur du coefficient d'atténuation linéaire μ de l'os.

Exercice 7

Pour réaliser une image radiologique du sein (mammographie), on utilise un faisceau incident de rayons X dont l'énergie maximale est 50 keV et d'intensité incidente est I_0 . La radiographie réalisée montre l'existence d'une prise de contraste anormale (mastose ou tumeur). Une section perpendiculaire au sein lors de la réalisation du cliché est modélisée par le schéma ci-dessous :



L'intensité transmise du faisceau 1 est égale à I_1 après une traversée de 4 cm de tissu sain. L'intensité transmise du faisceau 2 est égale à I_2 après une traversée de 3 cm de tissus sain et de 1 cm de tumeur. Les valeurs des couches de demi atténuation des tissus traversés sont les suivantes : $(\text{CDA})_{\text{sain}} = 1 \text{ cm}$ et $(\text{CDA})_{\text{tumeur}} = 0,5 \text{ cm}$. Le coefficient d'atténuation du tissu sain est noté μ (en cm^{-1}).

- a) Que vaut le rapport I_0/I_1 ?
- b) Que vaut le rapport I_0/I_2 ?
- c) Que vaut le contraste C ?

Exercice 8

Un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde 256 nm traverse 1 mm d'une solution contenant C_6H_6 à une concentration de $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$. L'intensité lumineuse est réduite à 20 % de sa valeur initiale.

- Calculer l'absorbance de l'échantillon.
- Calculer l'absorbance lors de la traversée de 2 mm de cette même solution.

Exercice 9

Un photon interagit par effet Compton avec un électron libre. L'énergie E_d du photon diffusé dans la direction θ est donné, avec les notations habituelles, par :

$$E_d = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)}.$$

Que vaut l'énergie cinétique maximale de l'électron Compton si le photon incident à une énergie de 255,5 keV ?