Correction partielle de l'exercice "L'univers du térahertz" (Bac S – Polynésie - juin 2017)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1. Térahertz et scanner

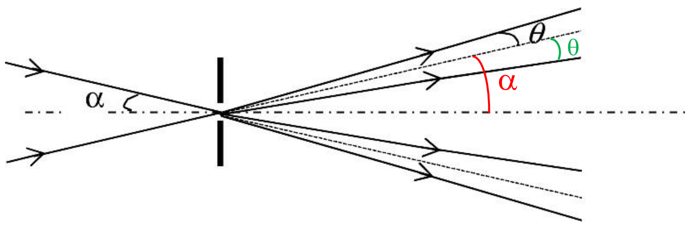
1.1.1. $E_X = h\nu_X = 6{,}63\times10^{-34} \times 1{,}0\times10^{17} = 6{,}63\times10^{-17}\ \text{J} = \dfrac{6{,}63\times10^{-17}}{1{,}60\times10^{-19}}\ \text{eV} = 414\ \text{eV}$

$E_T = h\nu_T = 6{,}63\times10^{-34} \times 1{,}5\times10^{12} = 9{,}95\times10^{-22}\ \text{J} = \dfrac{9{,}95\times10^{-22}}{1{,}60\times10^{-19}}\ \text{eV} = 6{,}22\times10^{-3}\ \text{eV}$

1.1.2. Le photon X a une énergie supérieure à 10 eV : il est donc ionisant. Ce n'est pas le cas du photon T ($6{,}22\times10^{-3}$ eV < 10 eV).
Ainsi, contrairement au scanner à rayons T, le scanner à rayons X émet des rayonnements ionisants qui peuvent être nocifs pour les organismes vivants si la quantité d'énergie absorbée est trop élevée.

1.2.1. $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$

1.2.2.



Si $\theta \geqslant \alpha$, la partie "basse" du faisceau supérieur va se superposer avec la partie "haute" du faisceau inférieur. Il sera alors impossible de séparer les deux faisceaux à la sortie de la fente.

La condition pour pouvoir séparer les deux faisceaux est $\alpha > \theta$, donc $\alpha > \alpha_{lim}$, avec $\alpha_{lim} = \dfrac{\lambda}{a}$

1.3.1. $D_{min} = 1{,}22\,\lambda.\dfrac{L}{d} = \dfrac{1{,}22\,c\,L}{\nu\,d}$ car $\lambda = \dfrac{c}{\nu}$

Donc ici, $D_{min} = \dfrac{1{,}22\times3{,}00\times10^{8}\times12\times10^{-2}}{1{,}5\times10^{12}\times0{,}20\times10^{-3}} = 0{,}15\ \text{m} = 15\ \text{cm}$

Le diamètre de l'objectif étudié (10 cm) étant inférieur au diamètre minimum (15 cm), il ne sera pas possible de distinguer les deux points dans les conditions indiquées.

1.3.2. Pour que les deux points puissent être distingués, il faut que le diamètre de l'objectif soit supérieur à D_{min} , soit $D > D_{min}$

Notons ν' la nouvelle fréquence des ondes térahertz.

Pour que la condition soit respectée, il faut donc que : $D > \dfrac{1{,}22\, c\, L}{\nu' d}$

c'est-à-dire $\nu' > \nu_{min}$, avec $\nu_{min} = \dfrac{1{,}22\, c\, L}{D\, d} = \dfrac{1{,}22 \times 3{,}00 \times 10^{8} \times 12 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-2} \times 0{,}20 \times 10^{-3}} = 2{,}2 \times 10^{12}$ Hz = 2,2 THz

2. Térahertz et étude de l'Univers

2.1. Le rayonnement fossile se comporte comme un corps noir de température T = 3K.

D'après la loi de Wien, $\lambda_{max} \,.\, T = 2{,}90 \times 10^{-3}$ m.K

La longueur d'onde majoritairement émise est donc :

$$\lambda_{max} = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{3} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

On en déduit la fréquence correspondante :

$$\lambda_{max} = \frac{c}{\nu_{max}} \Rightarrow \nu_{max} = \frac{c}{\lambda_{max}} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}}{1 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^{11} \text{ Hz} = 0{,}3 \text{ THz}$$

Même si tout le rayonnement fossile n'a pas cette fréquence (c'est seulement la fréquence majoritairement émise), on peut considérer que les autres fréquences qui constituent le rayonnement fossile sont proches de cette valeur, et donc en majorité comprises entre 0,1 THz et 30 THz.

On peut donc considérer le rayonnement fossile comme un rayonnement térahertz.