

TD EMS

SF 1

Propagation

- 1) ① $+\vec{u}_z$ ② $+\vec{u}_z$ ③ $+\vec{u}_x$ ④ $+\vec{u}_z$

Polarisée rectilignement:

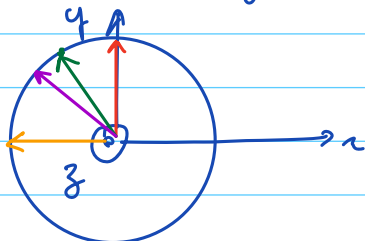
- ① oui selon $\vec{u}_x - 2\vec{u}_y$
 ② oui selon $\vec{u}_x - 2\vec{u}_y$
 ③ oui selon $\vec{u}_x + \vec{u}_z$
 ④ non

$$2) \vec{E}(n,t) = -E_0 \sin(\omega t - k_z) (\vec{u}_x - 2\vec{u}_y) \\ (= E_0 \cos(\omega t - k_z + \frac{\pi}{2}) (\vec{u}_x - 2\vec{u}_y))$$

$$\vec{B} = \frac{\vec{u}_z \wedge \vec{E}}{c} = \frac{E_0}{c} \sin(\omega t - k_z) (\vec{u}_y + 2\vec{u}_x)$$

$$3) \vec{E}(n,t) = \text{Re} \left(E_0 \left(\cos(\omega t - k_z + \frac{\pi}{2}) + i \sin(\omega t - k_z + \frac{\pi}{2}) \right) (\vec{u}_x - i\vec{u}_y) \right) \\ = E_0 \cos(\omega t - k_z + \frac{\pi}{2}) \vec{u}_x + E_0 \sin(\omega t - k_z + \frac{\pi}{2}) \vec{u}_y \\ = -E_0 \sin(\omega t - k_z) \vec{u}_x + E_0 \cos(\omega t - k_z) \vec{u}_y$$

On a donc en $z=0$, à $t=0$, $t=\frac{\pi}{6\omega}$, $t=\frac{\pi}{4\omega}$, $t=\frac{\pi}{2\omega}$



le champ \vec{E} tourne donc dans le sens trigo.

4) Tous les points ayant le même $n+iy$ appartiennent à une surface d'onde.

$n+iy = a$ est l'équation d'un plan. d'onde est bien plane.

$\vec{k} = q\vec{u}$ avec \vec{u} le vecteur normal au plan $n+iy = a$

On a donc $\vec{u} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \vec{u}_x + \vec{u}_y$

La polarisation est rectiligne selon $\vec{u}_x - \vec{u}_y$, ce qui n'est pas compatible avec la direction de propagation, car cette onde ne respecte pas la transversalité du champ \vec{E} .

Exercice 2 - Onde sphérique

$$1) \vec{k} = k \vec{u}_r$$

$$2) \vec{B} = \frac{\vec{u}_r \wedge \vec{E}}{c} = \frac{E_0(r)}{c} \cos(\omega t - kr) \vec{u}_\varphi$$

$$3) \vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} = \frac{E_0^2(r)}{\mu_0 c} \cos^2(\omega t - kr) \vec{u}_r$$

$$\langle \vec{\Pi} \rangle = \frac{E_0^2(r)}{2c\mu_0} \vec{u}_r$$

$$4) \mathcal{P} = \oint_{\text{sphère}} \langle \vec{\Pi} \rangle \cdot d\vec{S} = 4\pi r^2 \frac{E_0^2(r)}{2c\mu_0}$$

d'onde se propage sans être atténuée ou déformée, elle ne fait que s'étaler dans l'espace. Ainsi, quelle que soit la surface normale en tout point à la direction de propagation, la puissance la traversant sera la même.

$$\text{On a donc } 4\pi r^2 \frac{E_0^2(r)}{2c\mu_0} = \mathcal{P}$$

$$\text{ce } E_0(r) = \frac{c\mathcal{P}\mu_0}{2\pi r^2}$$

$$E_0(r) = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{c\mathcal{P}\mu_0}{2\pi}}$$

Exercice 3 - Flux de la concentration en CO₂ atmosphérique

1) $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x$ et $\vec{B} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t - kz) \vec{u}_y$ (par la relation de structure)

On a alors $\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} = \frac{E_0^2}{c\mu_0} \cos^2(\omega t - kz) \vec{u}_z$.

2) On a $I = \left\langle \frac{1}{S} \iint_S \vec{\Pi} \cdot d\vec{S} \right\rangle = \left\langle \frac{1}{S} \frac{E_0^2}{c\mu_0} \cos^2(\omega t - kz) S \right\rangle$

$$I = \frac{E_0^2}{2c\mu_0}$$

3) Considérons une tranche entre z et $z + dz$ on fait un bilan de puissance en moyenne temporelle

$\vec{\Pi}(z)$ $\vec{\Pi}(z+dz)$
 z $z+dz$

$$P_{\text{ray}}(z+dz) = P_{\text{ray}}(z) - P_{\text{abs}}$$

on a $P_{\text{ray}}(z+dz) = \left\langle \iint_S \vec{\Pi}(z+dz) \cdot d\vec{S} \right\rangle = I(z+dz) S$

de même $P_{\text{ray}}(z) = I(z) S$

or $P_{\text{abs}} = \sigma I \times \underbrace{ndz S}_{\text{nombre de CO}_2 \text{ dans la tranche}}$

Donc $I(z+dz)S - I(z)S + \sigma I ndz S = 0$

$$\text{re } \frac{dI}{dz} dz S + \sigma I n dz S = 0$$

$$\frac{dI}{dz} + \sigma I n = 0$$

4) I est solution de $\frac{dI}{dz} + \sigma n I = 0$

re $I = I_0 e^{-\sigma n z}$

Donc $A = \ln\left(\frac{I_0 e^0}{I_0 e^{-L\sigma n}}\right) = \ln(e^{L\sigma n}) = \underline{L\sigma n}$

5) La q_{té} de matière par unité de volume dépend fortement de la pression et de la température (loi des gaz parfaits). Il faut donc parfaitement les maîtriser pour une mesure fiable.

d'étalonnage, plutôt qu'une mesure directe, permet de diminuer les erreurs systématiques.

6) On constate une augmentation globale de la fraction molaire de CO₂, signe de l'augmentation des émissions humaines. Les variations saisonnières peuvent s'expliquer par l'influence de la végétation (qui capte le CO₂) sensible aux saisons.

Exercice 6

1) d'onde se propage selon $+\vec{u}_z$ et est polarisée selon \vec{u}_y .

On utilise la relation de structure:

$$\vec{B} = \frac{\vec{u}_z \wedge \vec{E}}{c} = \frac{\epsilon_0}{c} e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_y$$

$$2) \vec{F}_L = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$$

$$\frac{\|\vec{F}_{elec}\|}{\|\vec{F}_{mag}\|} = \frac{\|\vec{E}\|}{\|\vec{v} \wedge \vec{B}\|} \approx \frac{\|\vec{E}\|}{v \|\vec{B}\|} \quad \text{or, on a } \|\vec{B}\| = \frac{\|\vec{E}\|}{c}$$
$$= \frac{c}{v}$$

\vec{F}_{mag} est négligeable devant \vec{F}_{elec} si $\frac{c}{v} \gg 1$ et $v \ll c$

3) Appliquons le PFD à un cathode et à un anode

$$m_c \frac{d\vec{v}_c}{dt} = +e \vec{E}$$

$$m_e \frac{d\vec{v}_e}{dt} = -e \vec{E}$$

$$\text{or } \vec{j} = m_e \vec{v}_c - m_e \vec{v}_e$$

$$\text{ie } \frac{\partial \vec{j}}{\partial t} = m_e \left(\frac{d\vec{v}_c}{dt} - \frac{d\vec{v}_e}{dt} \right) = m_e \left(\frac{e}{m_c} \vec{E} + \frac{e}{m_e} \vec{E} \right)$$

$$\boxed{\frac{\partial \vec{j}}{\partial t} = m_e^2 \left(\frac{1}{m_c} + \frac{1}{m_e} \right) \vec{E}}$$

$$4) m_p = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Le cathode vient d'une molécule comme N_2 ou O_2 contenant donc une dizaine de protons et de neutrons. Ainsi leur masse sera de l'ordre de 10^{-26} kg ou 10^{-25} kg

Un électron a une masse $9,10^{-30} \text{ kg}$.