



Sujet ELM

On va considérer la propagation, dans l'air, milieu assimilé à du vide (on note ε_0 la permittivité diélectrique et μ_0 la perméabilité magnétique), d'un champ électrique donné par : $\vec{E} = E_0 \exp(j(\omega t - kx)) \vec{u}_y$

- 1) Vérifier que cette onde est bien solution de l'équation de propagation des OEM dans le vide
- 2) Donner l'expression du vecteur champ magnétique \vec{B} et de son intensité B_0 .
- 3) Donner la définition du vecteur de Poynting $\vec{\pi}$.
- 4) Exprimer la valeur moyenne temporelle $\langle \vec{\pi} \rangle$ de ce vecteur en fonction de E_0 , c et μ_0
- 5) Donner l'expression de la densité volumique moyenne d'énergie électromagnétique.
- 6) Exprimer l'énergie dU_e traversant une surface S pendant dt secondes :
 - En utilisant le vecteur de Poynting moyen
 - En utilisant la densité volumique moyenne d'énergie électromagnétique (on notera v_e la vitesse de propagation de l'énergie)
- 7) A quelle vitesse se propage l'énergie ?



Question ouverte

Un frigo fonctionne de manière permanente avec une puissance de 10W en moyenne. Il refroidit des aliments de masse $m = 5\text{kg}$, dont la capacité thermique massique est celle de l'eau, d'une température $T_i = 20^\circ\text{C}$ à une température finale $T_f = 10^\circ\text{C}$ en une heure. Calculer l'efficacité de ce frigo.



Exo 1 :

Cette solution impose $k = \frac{\omega}{c}$

D'après Maxwell Faraday : $\vec{\underline{B}} = \frac{\vec{u} \wedge \vec{E}}{c} = -\frac{E_0}{c} \exp j(\omega t - kx) \vec{u}_z$. Donc $B_0 = \frac{E_0}{c}$

Par définition : $\vec{\pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$

Si on utilise la notation complexe : $\langle \vec{\pi} \rangle = \frac{1}{2\mu_0} \text{Re}(\vec{E} \wedge \vec{B}^*) = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0} \vec{e}_z = \frac{E_0^2}{2c\mu_0} \vec{e}_z$

Avec la notation réelle $E = E_0 \cos(\omega t - kz)$ et se ramène à la valeur moyenne d'un cosinus carré : $\langle \vec{\pi} \rangle = \frac{E_0^2}{2c\mu_0} \vec{e}_z$

$$dU_e = \frac{E_0^2}{2c\mu_0} S dt = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 S c dt$$

$$dU_e = u_{em} S v_e dt = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 S v_e dt$$

Donc $v_e = c$

Exo 2 :

$$e = \frac{mC\Delta T}{Pt} \approx 5$$