

PHYSIQUE 4

Travaux dirigés

TD 2 : Polarisation, Énergie et moment d'une Onde électromagnétique OEM

Exercice 1.

Décrire l'état de polarisation de chacune des 3 ondes représentées par les champs électriques suivants :

$$\begin{aligned} \vec{E}_0 &= \begin{cases} E_0 \cos(\alpha) \cos(\omega t - kz) \\ E_0 \sin(\alpha) \cos(\omega t - kz) \\ 0 \end{cases} \\ \vec{E}_1 &= \begin{cases} E_1 \cos(\omega(t - z/c)) \\ E_1 \sin(\omega(t - z/c)) \\ 0 \end{cases} \\ \vec{E}_2 &= \begin{cases} E_1 \cos(\omega(t - z/c)) \\ -E_1 \sin(\omega(t - z/c)) \\ 0 \end{cases} \\ \vec{E} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \end{aligned}$$

Exercice 2.

Quelle est la direction de propagation de l'onde électromagnétique pour chacun des cas suivants : (a). $\vec{E} = E\hat{i}$, $\vec{B} = -B\hat{j}$; (b). $\vec{E} = E\hat{j}$, $\vec{B} = B\hat{i}$; (c). $\vec{E} = -E\hat{k}$, $\vec{B} = -B\hat{i}$; (d). $\vec{E} = E\hat{i}$, $\vec{B} = -B\hat{k}$

Exercice 3.

A/ Une OEM progressive issue d'une station radio traverse perpendiculairement une fenêtre ouverte dont sa surface est de 0.5 m^2 . À la fenêtre, le champ électrique de cette onde a comme valeur 0.02 V/m . Combien d'énergie cette onde aura t'elle portée à travers cette fenêtre durant 30 s ?

B/ Vous avez été assigné pour mesurer et évaluer la performance d'un nouveau transmetteur radio à bord de la station internationale (ISS). Perché sur le bras mobile de la navette, vous visez à l'aide d'un détecteur sensible l'ISS qui est à $2,5 \text{ km}$. Vous avez trouvé que l'amplitude du champ électrique des ondes radio en provenance de l'émetteur ISS est égal à $0,090 \text{ V/m}$ et que la fréquence des ondes est de 244 MHz . Trouver l'intensité de l'onde radio et l'amplitude du champ magnétique à votre emplacement. En déduire la puissance totale émise par le transmetteur de l'ISS.

Exercice 4.

A/ L'intensité d'un faisceau laser cylindrique est 0.800 W/m^2 , la section du faisceau est égale à 3.10^{-4} m^2 . L'intensité est uniforme lors de sa traversée. Quelle est la puissance moyenne du laser ? Quelle est la valeur efficace du champ électrique dans le faisceau ?

B/ Une sonde spatiale distante de $2.0.10^{10} \text{ m}$ d'une étoile mesure l'intensité totale du rayonnement électromagnétique de l'étoile, $I = 5,0.10^3 \text{ W/m}^2$. Si l'étoile rayonne uniformément dans toutes les directions, quelle est la puissance moyenne totale ?

C/ Une OEM émise par un cellulaire a une longueur d'onde égale à $35,4 \text{ cm}$ et l'amplitude du champ électrique est de $5,40.10^{-2} \text{ V/m}$ à une distance de 250 m de l'antenne. Calculer la fréquence de l'onde, l'amplitude du champ magnétique et l'intensité de cette onde.

D/ Soit une source lumineuse monochromatique de puissance 60 W irradie uniformément une lumière dont sa longueur d'onde est égale à 700 nm dans toutes les directions. Calculez E_{max} et B_{max} de la lumière distante de 5 m de la source.

Exercice 5.

Une station de radio sur la surface de la Terre émet une onde sinusoïdale avec une puissance moyenne totale de 50 kW . En supposant que l'émetteur rayonne dans toutes les directions au-dessus du sol (ce qui est peu probable dans des situations réelles), trouver E_{max} et B_{max} détectés par un satellite à une distance de 100 km de l'antenne.

Exercice 6.

Montrer que le vecteur de Poynting est pointé vers la direction de propagation de l'onde et que son amplitude moyenne est donné par la relation suivante :

$$S_{moy} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 c E_0^2$$

Exercice 7.

La chaîne de télévision publique KQED à San Francisco émet un signal radio sinusoïdale à une puissance de 316 kW . On suppose que l'onde se propage de manière homogène dans un hémisphère au-dessus du sol.

- Quelle serait la pression moyenne que cette onde exerce sur une surface totalement réfléchissante, dans une maison à 5 km de l'antenne.
- Quels sont les amplitudes des champs électriques et magnétiques de l'onde.
- Quelle est la densité moyenne de l'énergie que porte cette onde ?
- Quel est le pourcentage dû au champ électrique et celui dû au champ magnétique de cette densité d'énergie ?

Exercice 8.

- A/ Si l'intensité de la lumière du soleil en un point de la surface terrestre est de $0,78 \text{ kW/m}^2$, trouver ;
- la densité de mouvement (impulsion par unité de volume) de la lumière du soleil et
 - le flux moyen d'impulsion de la lumière du soleil.
- B/ Un nombre important de lampes à arc peut produire une lumière d'intensité 2500 W/m^2 à l'étage de l'installation. (Cela simule l'intensité de la lumière du soleil près de la planète Vénus.) Trouver la pression de radiation (en pascals et en atmosphères), pour ;
- une section totalement absorbante du sol,
 - une section totalement réfléchissante du sol.
 - Trouver la densité de mouvement de la lumière.