

TD 4 : Ondes électromagnétiques dans le vide

Ex1 : Un peu de math...

1. Montrer que quel que soit le champ de vecteur \vec{A} , on a toujours $\text{div}(\vec{\text{rot}} \vec{A}) = 0$
2. Montrer que quel que soit le champ scalaire f , on a toujours $\vec{\text{rot}}(\vec{\text{grad}} f) = \vec{0}$
3. Montrer que quel que soit le champ de vecteurs \vec{A} , on a toujours :

$$\vec{\text{rot}}(\vec{\text{rot}} \vec{A}) = \vec{\text{grad}}(\text{div} \vec{A}) - \Delta \vec{A}$$

Ex2 : La lumière, une onde EM

1. Donner les équations de Maxwell dans le vide.
2. On se place dans le vide en l'absence de charges et de courants. Que deviennent les équations de Maxwell ?
3. En partant des équations de Maxwell, établir les équations de propagations des champs électrique et magnétique.
4. On considère que le champ électrique est décrit par une onde plane progressive se déplaçant dans le sens positif de l'axe (Oz). A partir de l'équation de Maxwell-Gauss, montrer que le champ électrique est transverse. (On pourra passer en notations complexe...)
5. A partir de l'équation de Maxwell-flux Montrer que le champ magnétique est également transverse.
6. En partant de l'équation de Maxwell-Faraday, établir la relation de structure de l'onde plane électromagnétique.
7. On suppose que le champ \vec{E} est polarisé rectilignement selon la direction (Ox). Déterminer l'expression du champ magnétique. Que vaut le rapport des amplitudes : E_0/B_0 ?

Ex3 : Energie transportée par l'onde

Une onde électromagnétique plane se propage dans le vide, dans le sens positif de l'axe (Oz), et est polarisée rectilignement selon la direction (Ox).

1. Donner l'expression du champ électrique.
2. Rappeller la relation de structure de l'onde plane.
3. En déduire l'expression du vecteur de Poynting.
4. Quel est la valeur moyenne temporelle

Ex4 : Atténuation de l'onde

La radio FM « France Bleu - Lille » émet sur 94,7 MHz. On suppose que cette station envoie dans la direction (Ox) une onde polarisée suivant (Oy) dont l'amplitude du champ électrique vaut : $E_0 = 43 \times 10^3 \text{ V.m}^{-1}$. Dans la région où se trouve un récepteur constitué d'un cadre rectangulaire de surface $S = 100 \text{ cm}^2$ comprenant $N = 1000$ spires.

1. Comment doit-on placer le récepteur pour recevoir la f.e.m maximale ? Calculer sa valeur maximale.
2. Exprimer le vecteur de Poynting et la puissance émettrice de la station si le récepteur est placé à 5 km et si on admet que l'émission est uniforme sur une demi-sphère concentrique avec la station.
3. Comment varie l'amplitude du champ électrique en fonction de la distance R à l'émetteur ? En déduire la portée de l'émetteur si le récepteur a un seuil de détection de $0,5 \text{ mV.m}^{-1}$.

Ex5 : Ondes EM émisent par un téléphone portable

Un téléphone portable émet une puissance de 1 W de façon sensiblement uniforme dans l'espace.

1. Calculer la puissance rayonnée pqr unité de surface à 10 cm du téléphone.
Des recommandations européennes d'exposition du public aux champs électromagnétiques exigent que les personnes ne soient pas soumises à une densité de puissance moyenne supérieure à 1 W.m^{-2} .
2. A quelle distance doit-on se trouver du téléphone pour respecter ces recommandations ?