FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET INFORMATIQUE

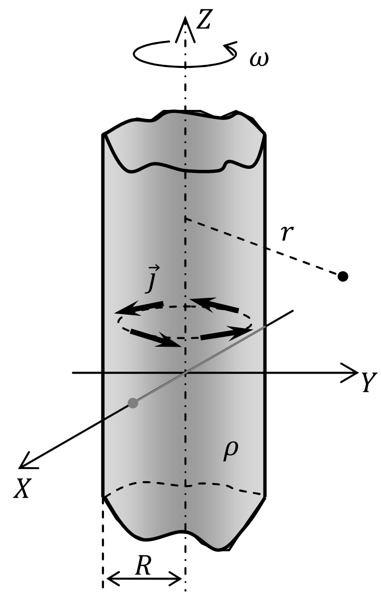
ÉPREUVE SEMESTRIELLE

MODULE : PHYSIQUE VI – ÉLECTROMAGNETISME.

DURÉE : 01 Heure 30 Minutes.

EXERCICE 01 : (08 points)

1. Montrer que le théorème d'AMPERE n'est valable que dans le cas d'un régime stationnaire (utiliser la forme locale du théorème).



Dans le figure ci-contre, un cylindre de longueur infinie et de rayon R est chargé avec une densité volumique uniforme ρ. Le cylindre tourne autour de son axe (OZ) avec une vitesse angulaire constante ω. Le mouvement de charge crée un courant de densité volumique

$$\vec{j} = \rho.\vec{v} = \rho\omega.r.\vec{e}_\varphi$$

Tel que r est la distance par rapport à l'axe (OZ), et $\vec{e}_\varphi$ est un vecteur unitaire, tous les deux définis par les coordonnées cylindriques.

2. Montrer que cette distribution de courant est stationnaire.
3. Quels sont les plans de symétrie pour cette distribution de courants ?
4. Quelle est la direction du champ magnétique en un point quelconque de l'espace ?
5. En utilisant le théorème d'Ampère, trouver le vecteur champ magnétique $\vec{B}(r)$ en tout point de l'espace en fonction de r. (Le champ magnétique est considéré nul à l'infini $\vec{B}(r \to +\infty) = \vec{0}$)

EXERCICE 02 : (12 points)

1. Donner l'équation d'onde d'une Onde Electromagnétique Plane Progressive et Monochromatique se propageant dans une direction quelconque, en notation réelle et en notation complexe.
2. Montrer, qu'en notation complexe, on peut écrire $\vec{\nabla} \equiv i\vec{k}$ et $\partial/\partial t \equiv -i\omega$.
3. En utilisant les équations de Maxwell dans le vide (en absence de charges et de courants), trouver la relation de structure d'une OEPPM. Que peut-on en déduire ?

Une onde électromagnétique plane progressive et monochromatique se propage dans le vide dépourvus de charges et de courants. Le vecteur champ électrique de cette onde est donné par :

$$\vec{E} = E_0.\cos\alpha.\cos(kz+\omega t).\vec{e}_x + E_0.\sin\alpha.\sin(kz+\omega t).\vec{e}_y$$

k est le module du vecteur d'onde et α est une constante réelle.

4. Quelle est la direction de propagation de cette onde ? (vecteur unitaire suivant cette direction).
5. Quel est l'état de polarisation de cette onde pour

$$\alpha = 0 \;;\; \alpha = \pi/2 \;;\; \alpha = \pi/4 \;;\; \alpha = 3\pi/4 \;\; (rad)$$

<u>Dans ce qui suit nous prendrons $\alpha = \pi/4$.</u>

6. Ecrire l'expression du champ électrique associé à cette onde en notation complexe.
7. Calculer l'expression du champ magnétique associé à cette onde et notation réelle $\vec{B}$, en déduire le champ magnétique en notation complexe.
8. Trouver l'expression du vecteur de Poynting $\vec{P}$ associé à cette onde.
9. Pour $E_0 = 1000\ V/m$, quelle est l'énergie d'un rayonnement d'incidence normale par unité de surface et de temps ?

Vous aurez (peut être) besoin de :

Divergence en coordonnées cylindriques

$$div(\vec{A}) = \frac{\partial A_\rho}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} A_\rho + \frac{1}{\rho}\frac{\partial A_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

Le déplacement élémentaire en coordonnées cylindriques

$$d\vec{r} = d\rho.\vec{e}_\rho + \rho.d\varphi.\vec{e}_\varphi + dz.\vec{e}_z$$

Quelques constantes :

Vitesse de la lumière dans le vide $c = 299\ 792\ 458\ \ m/s$
Perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [MKSA]