

Remarque : exercice avec \star : exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des “ce qu’il faut savoir faire”) | $[\bullet \circ \circ]$: difficulté des exercices

I Vrai-faux / questions courtes

$[\bullet \circ \circ]$

- 1 - (V/F) Il est possible de produire un champ magnétique du type $\vec{B} = B(r) \vec{e}_r$ (coordonnées sphériques).
- 2 - (V/F) Il est possible de produire un champ électrique du type $\vec{E} = E(r) \vec{e}_\theta$ (coordonnées sphériques).
- 3 - Dessiner l’allure des lignes de champ magnétique autour d’un fil parcouru par un courant. Attention au sens.

II Électrostatique VS Magnétostatique

\star | $[\bullet \circ \circ]$

	Champ électrostatique \vec{E}	Champ magnétostatique \vec{B}
circulation sur un contour fermé		
flux à travers une surface fermée		
en un point M appartenant à un plan de symétrie Π		
en un point M appartenant à un plan d’antisymétrie Π^*		

III Courant et ordres de grandeur

[● ○ ○]

On considère un fil de cuivre de section 2.0 mm^2 parcouru par un courant de 1.0 A . Ce sont les électrons qui sont responsables du courant. Leur charge est $-e = -1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$, et leur densité est $n = 10^{29} \text{ m}^{-3}$.

- 1 - Donner l'expression puis la valeur du débit d'électrons $\frac{dN}{dt}$ (nombre d'électrons passant par unité de temps) pour une section droite du fil en fonction de I et de e .
- 2 - Donner l'expression de l'intensité I en fonction du vecteur courant volumique \vec{j} .
On suppose ce dernier uniforme dans le câble, en déduire son expression puis sa valeur.
- 3 - Donner enfin l'expression puis la valeur de la vitesse moyenne des électrons dans le câble.

IV Calcul d'une intensité par intégration de \vec{j}

[● ○ ○]

On considère un fil cylindrique, de rayon R et d'axe z . On suppose que le profil de courant volumique est donné par

$$\vec{j} = j(r)\vec{e}_z = j_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \vec{e}_z.$$

Les coordonnées adaptées sont ici les coordonnées polaires. On rappelle que l'élément de surface infinitésimal dans ces coordonnées est $dS = r dr d\theta$.

- 1 - Donner l'expression du courant I qui parcourt ce fil, d'abord sous la forme d'une intégrale, puis en fonction de j_0 et de R .

V Champ produit par une nappe de courants, théorème d'Ampère

★ | [● ● ○]

On considère une distribution volumique de courants délimitée par les deux plans d'équations $z = +a/2$ et $z = -a/2$. Le vecteur densité volumique de courant est uniforme, et porté par \vec{e}_x .

- 1 - Déterminer la direction puis les dépendances du champ magnétique.
Montrer que $B_y(-z) = -B_y(z)$, puis que \vec{B} est nul dans le plan $z = 0$.
- 2 - Déterminer l'expression du champ \vec{B} en tout point de l'espace.
- 3 - Tracer des lignes de champ. Pouvait-on s'attendre à ce sens pour les lignes de champ?

VI Champ produit par un câble coaxial

★ | [● ○ ○]

La ligne coaxiale étudiée dans le DM est parcourue par un courant $+I$ dans l'âme, et $-I$ dans la gaine. On effectue les mêmes hypothèses que dans le DM (en particulier on néglige tout effet de bords).

- 1 - Suivre point par point la méthode générale pour déterminer l'expression du champ \vec{B} en tout point de l'espace.

VII Câble parcouru par un courant non uniforme

[••○]

On considère un câble cylindrique (rayon R , axe z) parcouru par une densité volumique de courant \vec{j} dirigé selon \vec{e}_z .

On néglige tout effet de bord.

- 1 - Donner l'expression de l'intensité totale I_{tot} passant dans la câble en fonction de R et de j :
 - dans le cas où $\vec{j} = j_0 \vec{e}_z$ avec j_0 constant,
 - dans le cas où $\vec{j} = j_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \vec{e}_z$.
- 2 - On se place dans le second cas ci-dessus.
 - a - Déterminer la direction et les dépendances du champ magnétique.
 - b - Déterminer l'expression du champ magnétique en dehors du câble.
 - c - Déterminer ensuite l'expression du champ à l'intérieur du câble.
- 3 - Vérifier que l'équation de Maxwell-Ampère (chap. 3) est bien vérifiée à l'intérieur du câble. On prendra les formules nécessaires dans le formulaire.