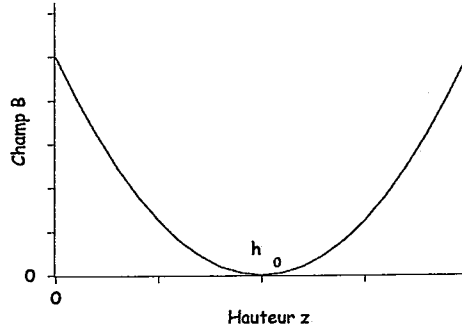
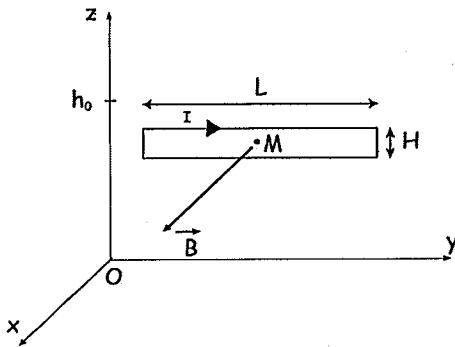


EPREUVE :

Electromagnétisme - Phys3A

Durée : 2h00 — Documents et calculatrice non autorisés

I Force magnétique : Lévitiation magnétique



Un cadre métallique de hauteur H , de largeur L et de centre M , contenu dans le plan \widehat{yOz} , est parcouru par un courant I positif (schéma de gauche). Ce cadre baigne dans un champ magnétique statique (schéma de droite) orienté suivant l'axe \vec{u}_x et non uniforme selon la direction verticale \vec{u}_z :

$$\vec{B}(z) = B_0 \frac{(z - h_0)^2}{h_0^2} \vec{u}_x$$

Dans un premier temps (questions 1 à 5) on négligera la masse du cadre électrique.

1. Calculer l'expression de flux $\Phi(z)$ du champ magnétique à travers la surface $S = HL$ du cadre, z étant la coordonnée verticale du point M . On supposera que le champ \vec{B} varie peu sur la hauteur du cadre et donc on pourra le considérer égale à $B(z)$ sur tout le cadre.
2. Le champ \vec{B} étant non uniforme suivant z , déduire de la question précédente la force de Laplace $\vec{F}(z)$ agissant sur le cadre électrique.
3. En étudiant le signe de la force en fonction de la hauteur z , montrer que sous l'action de la force de Laplace le cadre tend à se placer dans une position verticale d'équilibre z_{eq} que l'on précisera. Cette position est-elle stable ?
4. Sans aucun calcul, montrer que la position d'équilibre peut se déduire directement de la règle du flux maximum.
5. Montrer que la position z_{eq} correspond à un minimum de l'énergie potentielle d'interaction magnétique E_p .
6. Considérant la masse m du cadre, donner l'expression de la force verticale \vec{F}_g que fait agir la gravité sur le cadre.
7. Déterminer la nouvelle position d'équilibre z'_{eq} du cadre de masse m plongé dans le champ \vec{B} .

Relations utiles :

$$\vec{F} = I \overrightarrow{\text{grad}} \Phi \quad E_p = -I\Phi + cste$$

II Electromagnétisme : Onde entre deux conducteurs parfaitement conducteurs

Dans le vide, on considère deux plans *parfaitement conducteurs* orthogonaux à l'axe Oz et situés en $z = 0$ et $z = L$. On rappelle que le champ électrique est nul dans un conducteur parfait ($\vec{E}_{\text{cond}} = \vec{0}$).

1. Donner les équations de Maxwell dans le vide, en l'absence de charges et de courants.
2. A partir des équations de Maxwell, déterminez l'équation de propagation du champ \vec{E} dans le vide.
3. On cherche une solution se propageant selon l'axe Oz et dont le champ électrique soit de la forme complexe :

$$\vec{E} = E_0 g(z) \exp(i\omega t) \vec{u}_x$$

avec $g(z)$ une fonction à déterminer. Partant de l'équation de propagation, déduisez l'équation différentielle à laquelle doit obéir la fonction $g(z)$ et donnez la forme de la solution.

4. A quelles conditions aux limites en $z = 0$ et $z = L$ doit satisfaire le champ \vec{E} ? Montrez que ces conditions ne peuvent être satisfaites que pour certaines valeurs de ω .
5. Donnez alors l'expression complète du champ \vec{E} . L'onde est-elle propagative?
6. Déterminer le champ magnétique \vec{B} associé.