

TD Champ magnétique - Correction

Exercice 1 : Lignes de champs (250, 251, 252)

Les lignes de champ correspondent à celles d'un champ magnétique si le flux à travers toute surface fermée est nulle : le champ magnétique est à flux conservatif.

C'est le cas des lignes de champ (a), (b), (c) et (e) qui correspondent respectivement au champ magnétique créé par une nappe de courants, au champ magnétique créé par un fil, à un champ magnétique uniforme et au champ magnétique créé par quatre fils.

Pour les cas (d) et (f), il suffit de calculer le flux à travers une sphère dont le centre est celui des lignes de champ pour se convaincre que le flux n'est pas nul donc ces lignes de champ ne sont pas celles d'un champ magnétique.

Exercice 2 : Ordres de grandeurs de B (253, 254, 255)

1. L'expression du champ magnétique nous indique qu'il ne dépend pas de la variable φ . La distribution qui a donné ce champ est donc invariant par rapport à cette variable, elle est donc invariante par rotation autour de l'axe de rotation de la Terre.
2. On néglige la différence entre pôles magnétiques et pôles géographiques. La composante horizontale du champ est $\vec{B}(r, \theta, \varphi) = \frac{\mu_0 m \sin \theta}{4\pi R^3} \vec{u}_\theta$. Elle est maximale dans le plan équatorial. $\vec{B}_H = 3 \cdot 10^{-5} T$.
3. Pour un rayon égal à 5 cm, l'intensité permettant d'atteindre 30 μT est $I = 2,4 \cdot 10^{-2} A$. On en conclut que dans les machines électriques, où les intensités sont couramment très supérieures à cette valeur, le champ géomagnétique peut être négligé.
4. Dans l'axe du moment dipolaire, l'intensité du champ est donnée par la composante $B_r = \frac{\mu_0 m}{2\pi d^3}$. On obtient la valeur de B géomagnétique pour $d = 0,4 nm$. Compte tenu de la taille d'un proton, on peut négliger le champ terrestre devant son champ propre dans le voisinage de la particule. Plus précisément, dans un atome d'hydrogène la distance

électron – proton est de l'ordre de grandeur du rayon de Bohr soit 0,1 nm. On peut donc négliger, pour l'électron, l'effet du champ magnétique terrestre devant celui du proton

Exercice 3 : Moment magnétique/cinétique (256)

1. On a $I = \frac{q}{T}$. Alors $m = \frac{q}{T} \pi R^2$ dirigé selon l'axe de la spire.
2. On a $v = \frac{2\pi R}{T}$. Alors $\sigma = mRv = \frac{2\pi m R^2}{T}$. On trouve $\vec{m} = \frac{q}{2m} \vec{\sigma}$. Ce facteur ne dépend que des données relatives à la particule considérée.
3. $m = \frac{eh}{4\pi m_e} = 9 \cdot 10^{-24} A \cdot m^2$. On parle de magnéton de Bohr qui est une valeur de référence pour les moments magnétiques de particules.

Exercice 4 : Aimantation (257, 258)

1. La dimension d'un moment dipolaire magnétique est $A \cdot m^2$. L'aimantation volumique donne le moment magnétique par la formule $M = mV$ donc les unités sont vérifiées.
2. Le moment dipolaire d'un tel aimant en NdFeB est $M = 3000 * e\pi R^2 = 2 \cdot 10^{-1} A \cdot m^2$.
3. On a pour une spire de courant $M = NIS = NI\pi R^2$. Il faut donc bobiner 25000 spires de rayon R parcourues par une intensité 0,1 A pour obtenir le même moment dipolaire.

Exercice 5 : Solénoïde (252, 255)

1. L'ensemble des plans contenant le vecteur $\vec{u}_z$ sont des plans d'antisymétrie de la distribution de courant. Le champ magnétique est donc contenu dans ces plans, il est donc dirigé selon le vecteur $\vec{u}_z$.
2. On a $d\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 ndzI}{2R} \sin \alpha^3 \vec{u}_z$.

Tous les champs que l'on somme sont suivant Oz alors on enlève le vecteur $\vec{u}_z$. On a la relation $\tan \alpha = -\frac{R}{z-z_M}$ alors $dz = \frac{R d\alpha}{\sin^2 \alpha}$.

On intègre a $d\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 n I}{2} \sin \alpha \, d\alpha \vec{u}_z$.

Finalement $\vec{B}(z) = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \alpha_{\min} - \cos \alpha_{\max}) \vec{u}_z$

3. On intègre pour $\alpha_{\min} = 0$ et $\alpha_{\max} = \pi$. Alors $\vec{B}(z) = \mu_0 n I \vec{u}_z$ uniforme.

