PHYS-F-205 - Electricité et magnétisme
Correction séance 4 et 5 - Magnétisme

1 Exercices

21.5)

On considère l'éclair comme un courant de charge d'intensité $I = 20kA$ dont le champ magnétique est donné par $B = \mu_0 I/2\pi r$ où r est la distance à l'éclaire. L'application numérique donne

$$B = \frac{12,57 \times 10^{-7} \times 20 \times 10^3}{2\pi \times 0,1} = 4mT$$

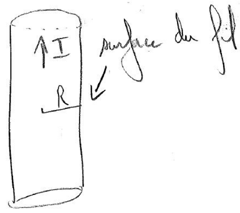
21.11)

Champ magnétique au centre d'une spire circulaire parcouru par un courant I : $B = \mu_0 I/2R$ où R est le rayon de la spire. L'application numérique donne

$$B = \frac{12,57 \times 10^{-7} \times 0,1 \times 10^{-3}}{2 \times 0,1} = 0,63nT$$

21.15)
Champ magnétique dans un solénoïde comportant n spires par mètre $B = \mu_0 n I$ où $n = 100/cm = 10\,000/m$.
On a $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{60} = 0,2A$: Loi d'Ohm.
$\Rightarrow B = 12,57 \times 10^{-7} \times 10000 \times 0,2 = 2,5mT$

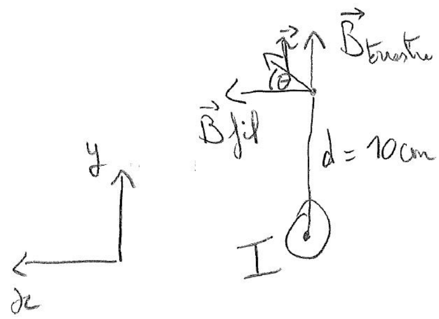
21.21)



Le champ magnétique à la surface du fil rectiligne de rayon R est donné par $B = \mu_0 I/2\pi R$. On a alors

$$I_{max} = \frac{2\pi R B_{max}}{\mu_0} = \frac{2\pi \times 10^{-3} \times 0,1}{12,57 \times 10^{-7}} = 500\,A$$

21.25)
Une boussole est un dipôle magnétique qui s'oriente dans la direction du champ magnétique total. Soit $\vec{p}$ le moment dipolaire magnétique de la boussole, d la distance de la boussole au fil, $\vec{B}_{fil}$ le champ magnétique dû au fil et $\vec{B}_{terrestre}$ le champ magnétique terrestre(voir figure).

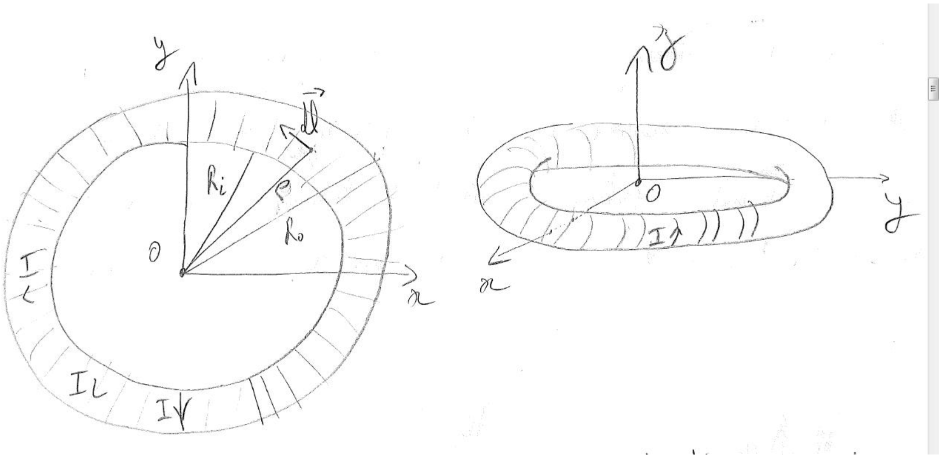


$$\vec{B}_{total} = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi d}, B_{terrestre}\right) = \left(3 \times 10^{-5}, 5 \times 10^{-5}\right)$$

et donc,

$$\tan\theta = \frac{B_y}{B_x} = \frac{5 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-5}} \;\Rightarrow\; \theta = 59\,degrs$$

21.31)



On applique le théorème d'Ampère sur un cercle d'axe Oz et de rayon ρ tel que $R_i < \rho < R_o$. Dans ce cas on sait que la somme des courants traversant le cercle sera $N\,I$ car le tore comporte N spires. On doit donc calculer

$$\oint \vec{B}\cdot\ \vec{dl}\ = \mu N\,I \quad \text{ou } \mu \text{ est la perméabilité du matériau diamagnétique dans le tore.}$$

On sait de plus vu la symétrie du problème et la règle de la main droite que $\vec{B}$ est en tout point du cercle parallèle et dans le même sens que $\vec{dl}$,

$$\vec{B}\cdot\ \vec{dl} = B\,dl \quad \text{où } dl = \rho d\theta\ .$$

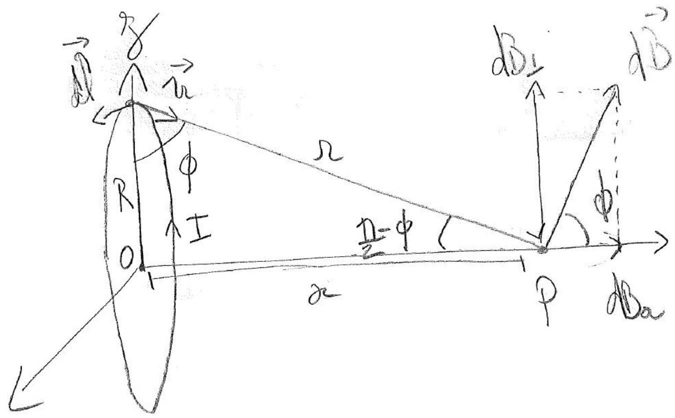
On a donc

$$\oint \vec{B}\cdot\ \vec{dl}\ = \int_0^{2\pi} B\rho d\theta\ = \mu N\,I\ \Rightarrow\ B = \frac{\mu N\,I}{2\pi\rho}$$

Il s'agit donc du même résultat que pour un conducteur rectiligne d'axe Oz parcouru par un courant NI, sauf que B est ici nul à l'extérieur du tore(à montrer par le théorème d'Ampère !).

Pour prevoir quelle sera la valeur du champ magnétique si le tore est enroulé autour d'un noyau de fer doux recuit, il faut pouvoir trouver le point correspondant sur la courbe μ/μ_0 en fonction de B de la figure 21.16. Il est a noté que μ est une fonction non linéaire de B, ce qui apparait clairement sur la figure. Il faut alors proceder par étape, on peut commencer par prendre une valeur au hasard pour μ et calculer ensuite le champ magnétique correspondant grâce à la formule précédente, il faut alors ensuite vérifier si le couple (μ, B) est bien un point appartenant la courbe. Cette opération doit être répétée jusqu'à ce que l'on trouve un point appartenant à la courbe.

21.39)



La contribution $d\vec{B}$ au champ magnétique en un point P dûe à l'élément de courant $I\vec{dl}$:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\vec{dl} \times r\vec{1_r}}{r^3}$$

· $\vec{1_r}$ vecteur unité allant de dl à P

· $\vec{1_r}$ toujours $\perp$ à $\vec{dl}$ $\Rightarrow$ $I|\vec{dl} \times \vec{1_r}| = Idl \sin(90) = Idl$

· On a aussi Pythagore $r = \sqrt{R^2 + x^2}$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{R^2 + x^2}$$

$d\vec{B}$ possède deux composantes, une selon x et l'autre orthogonale à l'axe Ox. Cette dernière, $dB_\perp$ s'annule identiquement par symétrie. On projete donc dB sur l'axe Ox, $dB_x = \cos\phi dB$. On a donc

$$B = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl}{R^2 + x^2} cos\phi = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{IRd\theta}{R^2 + x^2} \frac{R}{r}$$

car $dl = Rd\theta$ et $cos\phi = R/r$, et l'on trouve enfin

$$B = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

21.57)

Par définition si les particules ne subissent aucune déflexion alors la résultante des forces s'exerçant sur elles est nulle.
On a $\vec{F}_{Coulomb} = q\vec{E}$ et $\vec{F}_{Lorentz} = q\vec{v} \times \vec{B}$.

Et donc $\vec{F}_{Coulomb} + \vec{F}_{Lorentz} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0$

L'égalité précédente ne peut être vérifiée que si $\vec{E}$ est antiparallèle à $\vec{v}\times\vec{B} \Rightarrow E - vB = 0$ $\Rightarrow v = E/B$

21.63)

Force de Laplace sur l'élément de surface dl : $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$

et donc $dF = IdlB\sin\theta$

$F_{tot} = IlB\sin\theta = 6 \times 0,01 \times 0,01 \times \sin(31,2) = 0,31mN$

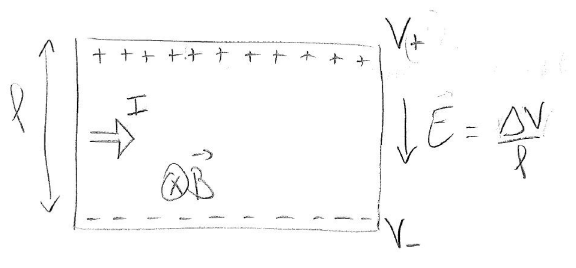
21.65)

On utilise la formule pour le moment de force sur un enroulement de N spires parcouru par un courant I dans un champ B,

$$\tau = NISB\sin\phi$$

où S est la surface d'une spire et ϕ l'angle entre l'axe de la spire et le champ $\vec{B}$
On trouve,
$\tau = 20 \times 1,5 \times 1,3 \times 10^{-3} \times 0,9 \times \sin 32 = 0,0186Nm$

21.73)

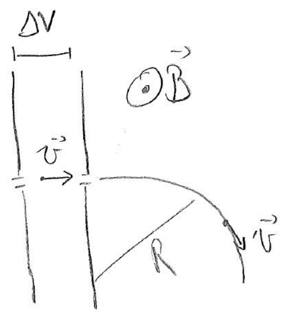


La présence du champ magnétique crée une deflexion du courant vers le haut de la plaque(cf force de Lorentz) et donc une accumulation de charge positive au dessus et donc de charges négatives en dessous. Cette distribution de charges va être responsable d'un champ éléctrique dont l'action par la force de Coulomb sur les porteurs de charge sera de s'opposer à la force de Lorentz. Cette déflexion cesse lorsque l'équilibre est atteint, à savoir lorsque la force de Coulomb s'oppose exactement à la force de Lorentz,

$$qE = qvB$$

Si on utilise le fait que $E = \Delta V/l$ on obtient alors $\Delta V = vBl$

21.82)



L'énergie cinétique acquise par la particule entre les plaques est $mv^2/2 = q\Delta V$ et donc sa vitesse en sortant de celles-ci est donnée par $v = \sqrt{2q\Delta V/m}$.
Lorsque la particule entre dans la région de champ magnétique uniforme à la vitesse v, celle-ci décrit une trajectoire circulaire dont le rayon R peut être déduit de l'équation de Newton du mouvement circulaire uniforme(MCU) : $m\frac{v^2}{R} = qvB$ et donc R est donné par

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{B}\sqrt{\frac{2\Delta V}{mq}}$$