

Magnétostatique

1 Câble coaxial

Un conducteur cylindrique infini, d'axe Δ et de rayon r_1 , transporte un courant de densité uniforme et d'intensité I . Le retour de ce courant est assuré par un tube cylindrique d'axe Δ et de rayons r_2 et r_3 ($r_1 < r_2 < r_3$) : dans ce tube également la densité de courant est uniforme.

Décrire le champ magnétique créé par ce système en tout point : direction, sens, dessiner $\|\vec{B}\| = f(r)$.

2 Disque de Rowland

Préliminaires : Une spire circulaire de centre O , d'axe Oz et de rayon R est parcourue par un courant d'intensité I . A partir d'un point M_0 de son axe, elle est vue sous un demi-angle au sommet θ .

0a / Après avoir examiné les propriétés de symétrie et d'invariance, déterminer le champ $\vec{B}(M_0)$ en fonction de θ . Tracer la courbe $B(z)$ correspondante.

0b / Un point M voisin de M_0 se trouve à la même abscisse z , mais à une distance r de l'axe. On note $B_0(z) = B_z(r=0, z)$. Montrer que si r est suffisamment petit, la composante radiale du champ en M s'écrit

$$B_r(r, z) \simeq -\frac{r}{2} \frac{dB_0}{dz}$$

Un disque non conducteur de rayon R et d'axe Oz , uniformément électrisé avec une densité surfacique de charge $\sigma > 0$, tourne à la vitesse angulaire $\vec{\omega} = \omega \vec{u}_z$ autour de son axe.

1 / Déterminer le champ \vec{B} en un point M de l'axe à partir duquel le disque est vu sous un demi-angle au sommet α en fonction de σ , R , α et $\vec{\omega}$.

2 / Calculer le moment magnétique \vec{M} associé au disque chargé en rotation et vérifier que dans l'approximation dipolaire ($z \gg R$), le champ précédemment calculé s'identifie bien à celui du dipôle sur l'axe.

3 Cas d'une distribution volumique

Une distribution de charges à symétrie sphérique de densité volumique $\rho(r)$ autour du point O où elle crée un potentiel électrostatique V_0 est animée d'un mouvement de rotation autour de l'axe Oz à la vitesse angulaire constant $\vec{\omega}$.

1 / Exprimer le champ magnétique \vec{B} créé par cette distribution en O en fonction de V_0 , $\vec{\omega}$ et c la vitesse de la lumière (avec $\mu_0\epsilon_0c^2 = 1$).

2 / En fait $\rho(r)$ est la densité électronique d'un atome (orbitale s) dont le noyau est en O . Le mouvement de rotation ordonné est celui obtenu après introduction de l'atome dans un champ magnétique extérieur \vec{B}_0 ; il s'agit d'un mouvement de précession à la pulsation de Larmor $\vec{\omega}_L = e\vec{B}_0/2m$ où e et m sont la charge et la masse de l'électron.

Evaluer, pour l'atome d'hydrogène, le rapport du champ dit "induit" B au champ dit "inducteur" B_0 .