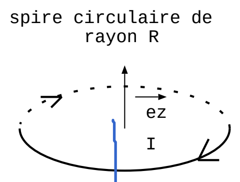
J'apprends mon cours sur le dipôle magnétique

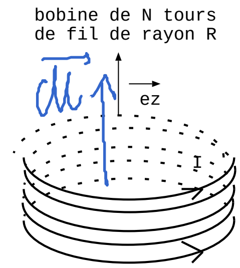
1. Exprimer et représenter le moment magnétique des boucles de courant:

$\vec{\mathcal{M}}$ est orienté à partir de I avec la règle de la main droite

$\vec{\mathcal{M}} = N I S \vec{n}$ — S : surface d'une spire ; N : nbre de spires



$\vec{\mathcal{M}} = I\pi R^2 (-\vec{e_z})$

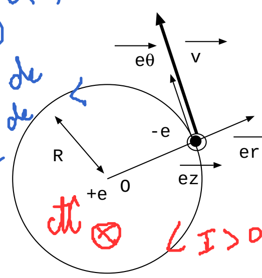


$\vec{\mathcal{M}} = N I \pi R^2 \vec{e_z}$

2. On étudie le modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène: l'électron de masse m et de charge $-e$ décrit une orbite circulaire de centre O, de rayon R à la vitesse v autour du noyau supposé immobile de charge $+e$. Exprimer en fonction de données et ajouter sur le schéma le moment cinétique de l'électron et le moment magnétique orbital de l'atome:

$\vec{L}_O(M)$ ⊙

sens de rotation de l'e^-



$\vec{\mathcal{M}}$ ⊗ $I>0$

I est dans le sens opposé du mvt de l'électron

Moment cinétique:

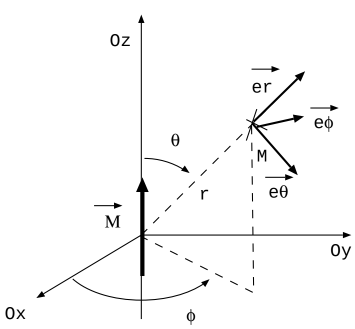
$\vec{L}_O(M) = \vec{OM} \wedge m\vec{v}(M)_R$
$= R\vec{e_r} \wedge m v \vec{e_\theta}$
$= m R v \vec{e_z}$

moment magnétique:
en tournant, l'e^- crée un courant d'intensité $I = \frac{e}{T} = \frac{ev}{2\pi R}$

($I = \left|\frac{dq}{dt}\right|$: ici $dq = e$, la charge qui passe par période T)

$\vec{\mathcal{M}} = I\pi R^2(-\vec{e_z}) = -\frac{evR}{2}\vec{e_z}$

3. On donne l'expression intrinsèque du champ magnétique créé par un moment magnétique $\vec{\mathcal{M}}$: $\vec{B}(M) = \mu_0 \frac{3(\vec{\mathcal{M}}.\vec{OM})\vec{OM} - \vec{\mathcal{M}}OM^2}{4\pi\cancel{\varepsilon_0}OM^5}$. exprimer le champ magnétique en coordonnées sphériques en fonction de $\mathcal{M}$, r, θ, μ_0 et des vecteurs de base pour $\vec{\mathcal{M}} = \mathcal{M}\vec{e_z}$.



$\vec{\mathcal{M}} = \mathcal{M}\vec{e_z} = \mathcal{M}\left[\cos\theta\,\vec{e_r} - \sin\theta\,\vec{e_\theta}\right]$

$\vec{OM} = r\vec{e_r}$

$\vec{\mathcal{M}}.\vec{OM} = \mathcal{M} r\, \vec{e_z}.\vec{e_r} = \mathcal{M} r \cos\theta$

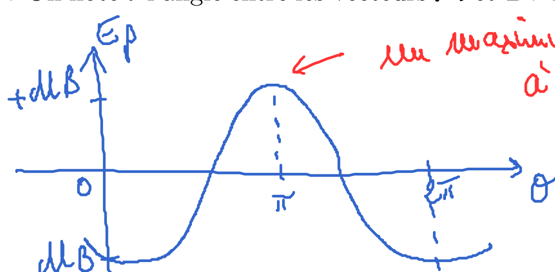
$\vec{B}(M) = \frac{\mu_0}{4\pi r^5}\left[3\mathcal{M} r\cos\theta\, r\vec{e_r} - \left[r^2\cos\theta\,\vec{e_r} - r^2\sin\theta\,\vec{e_\theta}\right]\right]$

$\vec{B}(M) = \frac{\mu_0\mathcal{M}}{4\pi r^3}\left[2\cos\theta\,\vec{e_r} + \sin\theta\,\vec{e_\theta}\right]$

4. On rappelle que l'énergie potentielle d'un dipôle magnétique $\vec{\mathcal{M}}$ placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ s'écrit: $E_p = -\vec{\mathcal{M}}.\vec{B}$. On note θ l'angle entre les vecteurs $\vec{\mathcal{M}}$ et $\vec{B}$. Tracer la courbe donnant E_p en fonction de θ et commenter.

$\vec{\mathcal{M}}$, θ, $\vec{B}$

$E_p = -\vec{\mathcal{M}}.\vec{B}$
$= -\mathcal{M}.B.\cos\theta$



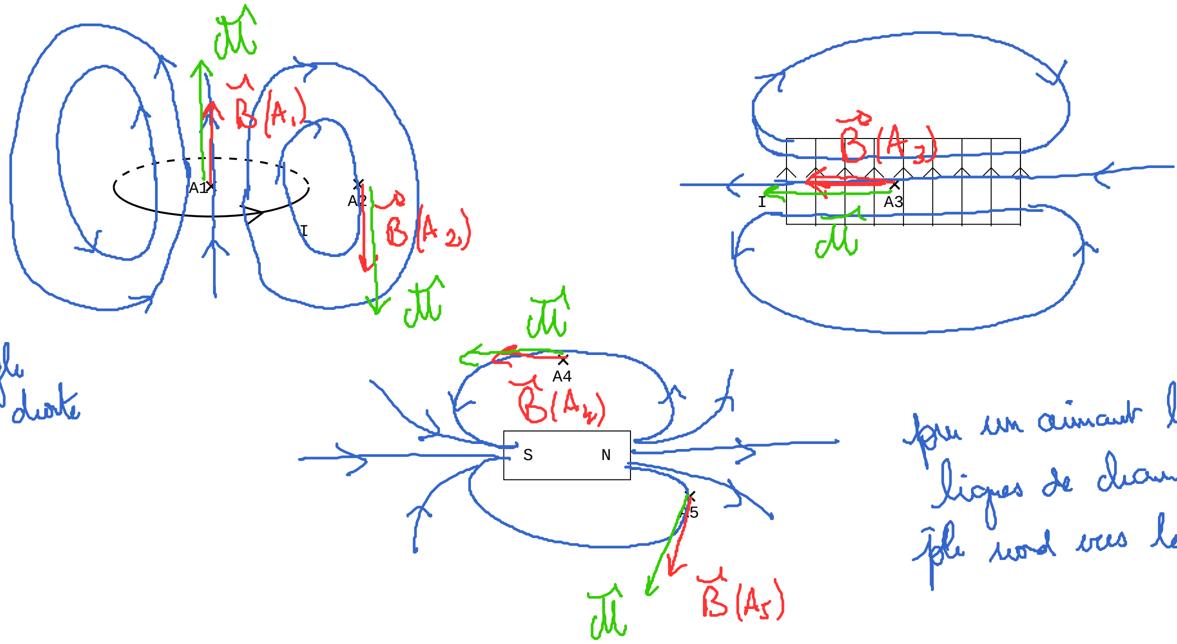
un maximum d'E_p correspond à un équilibre instable $\theta = \pi$ $\vec{\mathcal{M}}$ $\vec{B}$

un minimum d'E_p correspond à un équilibre stable $\theta = 0$ $\vec{\mathcal{M}}$ $\vec{B}$

Dans un champ $\vec{B}$, un dipôle s'oriente dans la direction et le sens du champ magnétique

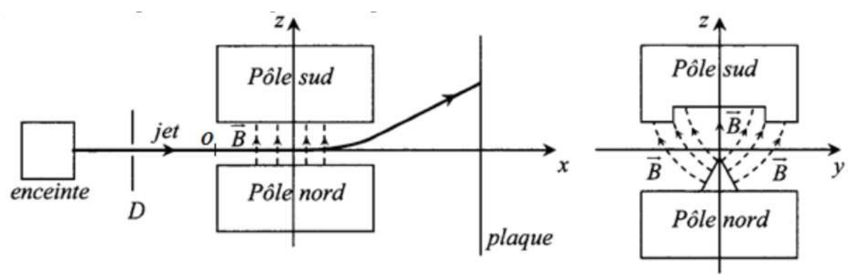
Sur les schémas suivants, ajouter l'allure des lignes de champ créées respectivement par la spire, la bobine et l'aimant. Aux différents points A_i qui figurent sur les schémas se trouve un moment magnétique $\mathcal{M}$, ajouter ces moments avec leur orientation à l'équilibre.

pour la spire et la bobine, on oriente les lignes à partir de I et de la règle de la main droite



pour un aimant les lignes de champ vont du pôle nord vers le pôle sud

5. Dans l'expérience de Stern et Gerlach, des atomes d'argent de moment magnétique orbital nul traversent une zone de champ magnétique non uniforme. Certains atomes sont déviés selon $+Oz$ et d'autres selon $-Oz$. On donne: $\overrightarrow{F} = (\overrightarrow{\mathcal{M}}.\overrightarrow{grad})\overrightarrow{B}$.



Donner le signe de $\dfrac{dB}{dz}$ en justifiant votre réponse:

Près du pôle nord, les lignes de champ sont proches donc $\|\vec{B}\|$ est grande
sud, " " sont éloignées donc $\|\vec{B}\|$ est faible
$\|\vec{B}\| \downarrow$ quand $z \uparrow$ soit $\dfrac{dB}{dz} < 0$

En supposant que le champ magnétique est selon Oz, exprimer la force magnétique qui agit sur les atomes:

$\vec{\mathcal{M}}.\vec{grad} = \mathcal{M}_z \dfrac{d}{dz}$ car $\vec{B}$ ne dépend que de z

$\vec{F} = (\vec{\mathcal{M}}.\vec{grad})\vec{B} = \mathcal{M}_z \dfrac{dB}{dz} \vec{e_z}$

Que déduit-on de cette expérience?

les atomes sont déviés alors qu'ils n'ont pas de moment magnétique orbital, cette expérience montre qu'il existe un moment magnétique de spin qui peut prendre deux valeurs ; $\mathcal{M}_z > 0$: F selon $-Oz$ atomes déviés vers le bas ; $\mathcal{M}_z < 0$: F selon $+Oz$ atomes déviés vers le haut