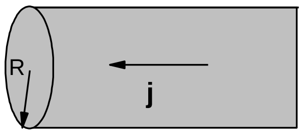
HLEE 306 : Circuits magnétiques/Energie
Lundi 16 novembre 2020

Contrôle Continu sur la partie du cours « Circuits magnétiques » de P. Christol à rédiger sur une feuille séparée. Durée conseillée 45mn – 10pts

Tous documents interdits
Calculatrices autorisées

Les vecteurs sont notés par des lettres en caractères gras sans flèche sur les lettres.
On rappelle : Perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ H/m

Exercice 1 – Champ magnétique créé par un câble conducteur (5 pts)



Un câble conducteur cylindrique plein pouvant supporter de très fort courant, de rayon R = 4cm et de longueur pouvant être considérée comme infinie, est parcouru par un courant i de 100A. La densité de courant **j** est supposée uniforme dans toute la section du conducteur.

A l'aide du théorème d'Ampère que l'on énoncera, déterminer l'expression du champ magnétique B (en fonction du courant i, de μ_0, du rayon R, de la position r par rapport au centre du câble) :

a) à l'intérieur du conducteur ($r < R$) ;

b) à l'extérieur du conducteur ($r > R$).

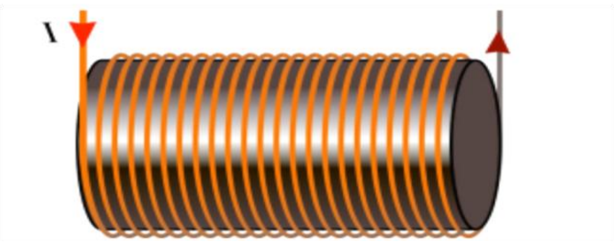
c) Vérifier la continuité du champ B en r = R et représenter B=f(r)

d) calculer le champ B en r = R.

Exercice 2 : Solénoïde (5 pts)

Un solénoïde est une bobine longue pour lequel le fil électrique est enroulé régulièrement en hélice. Parcouru par un courant, il créé un champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur.

1°/ Compte tenu du sens du courant, représenter les lignes de champ et les vecteurs champ magnétique $\mathbf{B}_{sol}$ du solénoïde



2°/ A l'extérieur du solénoïde fini , suivant son axe, le champ magnétique est donné par l'expression :

$$B_{ext} = \frac{\mu_0 nI}{2}\ (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

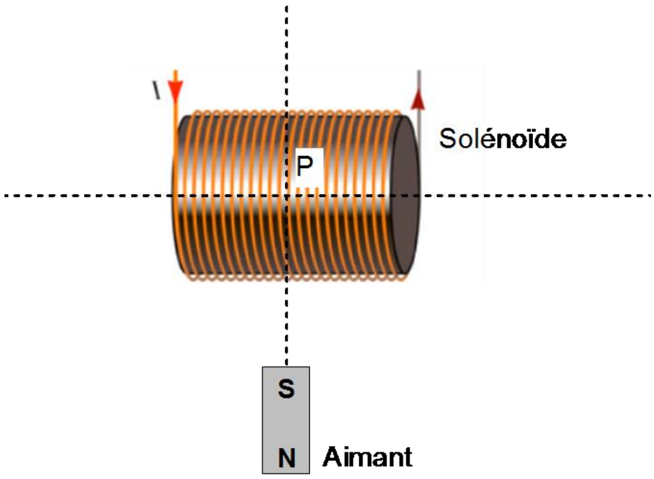
où θ_2 et θ_1 sont les angles qui permettent de repérer les extrémités du solénoïde fini et n le nombre de spires par unité de longueur.

a- En déduire l'expression du champ B en un point de l'axe à l'intérieur du solénoïde B_{int}

b- Calculer l'intensité du champ B_{sol} du solénoïde de longueur 0.8m, de rayon intérieur 2.5 cm possédant 352 spires parcouru par un courant de 10 ampères, à l'intérieur suivant son axe. On utilisera l'approximation du solénoïde infini que l'on justifiera.

3°/ Un champ magnétique constant $\mathbf{B_C}$ d'intensité 10 mT issus d'un aimant permanent se superpose au champ magnétique du solénoide $\mathbf{B_{sol}}$

Calculer le champ magnétique total $\mathbf{B_{Total}}$ (direction, sens, intensité) au point P. On précisera l'angle du champ total par rapport à l'axe horizontal



Exe 1 :

Via le Théorème d'Ampère : $\oint_\Gamma \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 \sum_\Gamma i$

pour $r < R$

$$j = \frac{I}{S}$$

$$B \, 2\pi r = \mu_0 \, j \cdot S$$

$$B = \frac{\mu_0 j \cdot \pi r^{\cancel{2}}}{2\cancel{\pi} \cancel{r}} = \frac{\mu_0 \cdot j \, r}{2} = \frac{\mu_0 \, I \, r}{2 \pi R^2}$$

Pour $r > R$

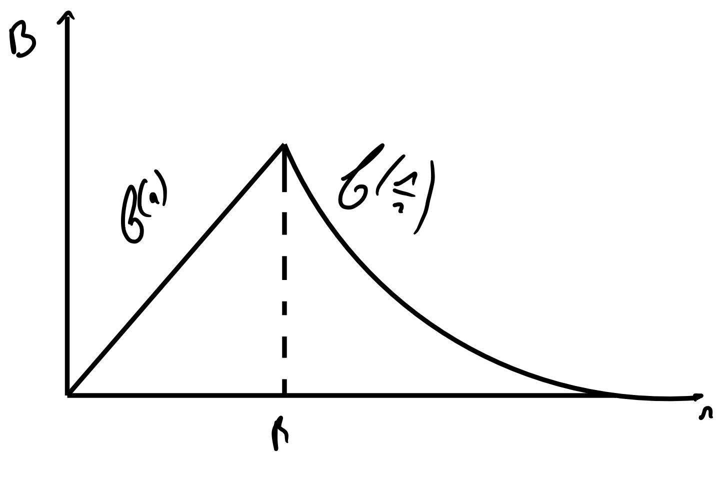
$$\oint_\Gamma B \cdot dl = \mu_0 \sum_\Gamma i$$

$$B \, 2\pi r = \mu_0 \, j \cdot S \quad \Rightarrow \quad B = \frac{\mu_0 j \, \cancel{\pi} R^2}{2 \cancel{\pi} r} = \frac{\mu_0 I \, \cancel{R^2}}{2\pi \cancel{R^2} \, r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Par Continuité on a :

$$\frac{\mu_0 I r}{2 \pi R^2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \qquad \text{Quand } r = R$$

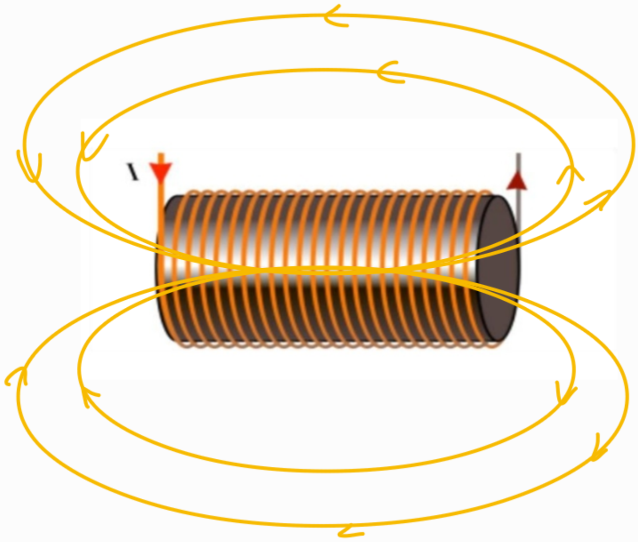
soit $\dfrac{\mu_0 I \cancel{R}}{2\pi R^{\cancel{2}}} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi R}$



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100}{2\pi \times 0{,}04} = 0{,}5 \text{ mT}$$

Ex2 :

1)



2°)

2°/ A l'extérieur du solénoïde fini , suivant son axe, le champ magnétique est donné par l'expression :

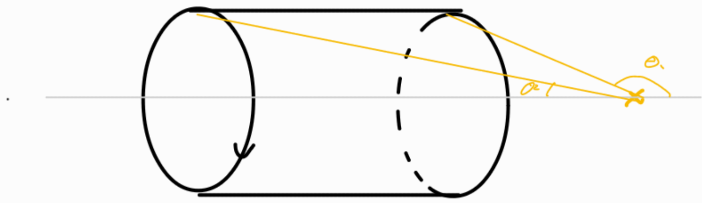
$$B_{ext} = \frac{\mu_0 n I}{2}\ (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

où θ_2 et θ_1 sont les angles qui permettent de repérer les extrémités du solénoïde fini et n le nombre de spires par unité de longueur.

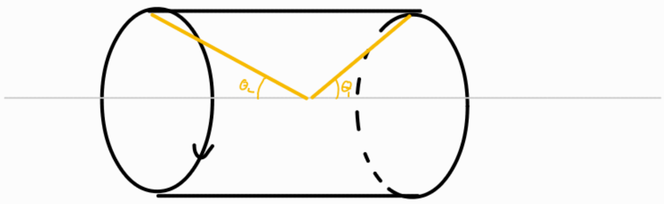
a- En déduire l'expression du champ B en un point de l'axe à l'intérieur du solénoïde B_{int}

b- Calculer l'intensité du champ B_{sol} du solénoïde de longueur 0.8m, de rayon intérieur 2.5 cm possédant 352 spires parcouru par un courant de 10 ampères, à l'intérieur suivant son axe. On utilisera l'approximation du solénoïde infini que l'on justifiera.

a) $B_{int} = \frac{\mu_0 n I}{2}(\cos\theta_2 + \cos\theta)$



b) $B_{int} = \frac{\mu_0 n I}{2}(\cos\theta_2 + \cos\theta_1)$



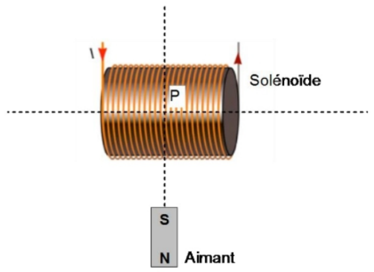
Soit $R \ll L$ → Aproximation du solenoide ∞ car θ_1 et $\theta_2 \simeq 0°$

d'où $B = \frac{\mu_0 I n \cdot \cancel{2}}{\cancel{2}} = \mu_0 I n = 4\pi\times10^{-7}\times 10\times\frac{352}{0{,}8}$

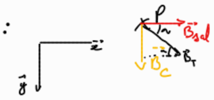
$= 5{,}5\,mT$

3°/ Un champ magnétique constant $\mathbf{B_C}$ d'intensité 10 mT issus d'un aimant permanent se superpose au champ magnétique du solénoide $\mathbf{B_{sol}}$

Calculer le champ magnétique total $\mathbf{B_{Total}}$ (direction, sens, intensité) au point P. On précisera l'angle du champ total par rapport à l'axe horizontal



Au point P :



Soit $\vec{B}_T = \vec{B}_{sol} + \vec{B}_C$

$|\vec{B}_T| = \sqrt{5,5^2 + 10^2} = 11,41 \text{ mT}$

$\cos\alpha = \frac{B_{sol}}{B_T}$

en $\vec{x}$: $B_{sol} = B_T \times \cos\alpha$

$\sin(\alpha) = \frac{B_C}{B_T}$

en $\vec{y}$ = $B_C = B_T \times \sin\alpha$

$\frac{B_C}{\sin(\alpha)} = \frac{B_{sol}}{\cos(\alpha)} \iff \frac{B_C}{B_{sol}} = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$

$\frac{B_C}{B_{sol}} = \tan(\alpha)$

$\frac{10}{5.5} = \tan(\alpha)$

$\alpha = \arctan\left(\frac{10}{5,5}\right)$

$\alpha = 61°$

Soit un angle de -61° par rapport a l'axe horizontale