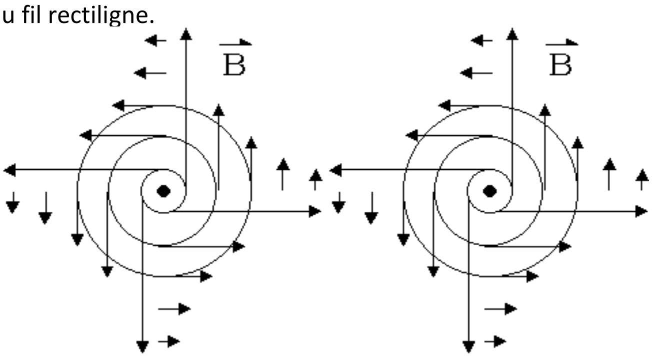
Champ magnétique - CORRIGES

1. champ créé par deux fils :

Attention, il faut procéder à une addition **vectorielle** des termes de champ dus à chacun des fils.

a) Lignes de champ magnétique circulaires, centrées sur l'axe du fil rectiligne.



En un point situé à mi-distance des deux fils, alimentés avec des courants de même sens, les termes de champ dus à chacun des fils auront même module mais seront de sens opposé. Donc B = 0.

b) Si les fils sont parcourus par des courants de sens opposés, alors les champs dus à chacun des fils auront même module mais seront cette fois de même sens.

On obtient alors $B = 2.\ \mu_o.I/(2\pi r) = 8{,}0.10^{-4}$ T.

2. Bobines de Helmholtz et de « Holtz-helm » :

1°) Pour une spire de rayon R, vue depuis un point P de son axe situé à distance R/2, l'angle φ formé entre l'axe (Oz) de la spire et une demi droite passant par P et un point de la spire répond à :

$$sin\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2}}$$

soit $\sin\varphi = 2/\sqrt{5}$.
On aura approximativement le même angle φ pour toutes les spires, en négligeant l'épaisseur de la bobine.
Chaque spire produit donc en P un champ d'expression :

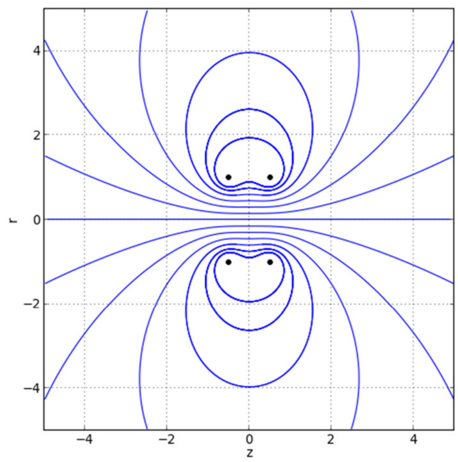
$$B = \frac{\mu_o I}{2R}\left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2}}\right)^3$$

Les champs produits par les deux bobines s'additionnent.

$$B = 2.\frac{\mu_o I}{2R}\left(\frac{2}{\sqrt{5}}\right)^3$$

$B = 8{,}46.10^{-4}$ T

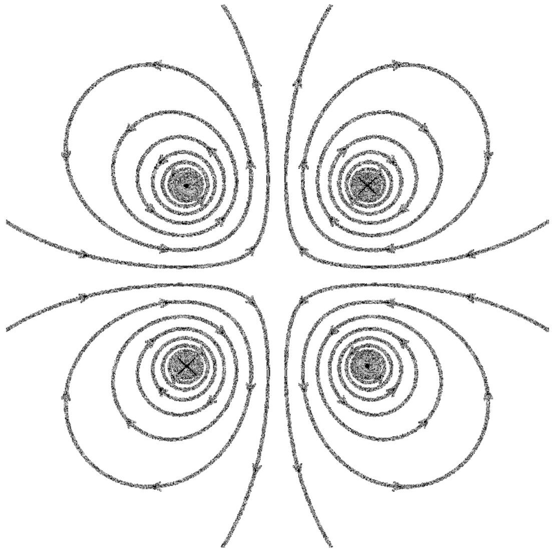
Carte de champ :



lignes de champ parallèles à l'intérieur du système de bobines,

s'évasant rapidement en sortie.

Dans la zone centrale, les champs produits par les deux bobines s'additionnent, amenant ainsi une quasi uniformité du champ.



2°) Bobines placées en opposition (bobines de « Holtz-Helm »)

Les champs produits au centre du dispositif par les deux bobines sont maintenant opposés.

L'axe des bobines constitue l'intersection de plans d'antisymétrie des courants produisant le champ. En un point de cet axe, le champ magnétique doit lui être colinéaire.

Mais le plan médiateur des deux bobines est un plan d'antisymétrie des courants produisant le champ.

En un point de ce plan, le champ magnétique doit y être contenu.

Le centre du dispositif étant à la fois porté par l'axe de révolution des bobines et par le plan médiateur, le champ magnétique doit y avoir une direction répondant aux deux propriétés précédentes, et donc la seule possibilité est un champ nul.

3. Solénoïde vu à grande distance :

1°) A grande distance, on aura z >> a, donc :

$$\cos\alpha_1 = \frac{z}{\sqrt{a^2+z^2}} \approx 1-\frac{a^2}{2z^2} \quad \text{et} \quad \cos\alpha_2 = \frac{z-L}{\sqrt{a^2+(z-L)^2}} \approx 1-\frac{a^2}{2(z-L)^2} \approx 1-\frac{a^2}{z^2}-\frac{a^2L}{z^3}$$

donc

$$B(z) = \frac{\mu_o NI}{2L}\left(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2\right) \approx \frac{\mu_o NI}{2L}\frac{a^2L}{z^3}$$

soit en introduisant le moment magnétique du solénoïde : M =N. I.S = N.I.πa²

Il vient finalement : $B(z) \approx \frac{\mu_o NI}{2\pi}\frac{\pi a^2}{z^3} = \frac{\mu_o}{2\pi}\frac{M}{z^3}$

Résultat cohérent avec l'expression fournie pour le champ créé par un dipôle magnétique de moment $\overrightarrow{M}$ avec dans le cas étudié $\overrightarrow{OP} = \vec{r} = z\overrightarrow{e_z}$ et $\overrightarrow{M} = M\overrightarrow{e_z}$, ces deux vecteurs étant alors colinéaires, ce qui donne

$$\frac{3\overrightarrow{M}.\vec{r}}{r^2}\vec{r} - \overrightarrow{M} = \frac{3M.z}{z^2}z\overrightarrow{e_z} - M\overrightarrow{e_z} = 2M\overrightarrow{e_z}$$

et conduit à un résultat identique pour B(z).

4. Moment magnétique d'un aimant.

1°) D'après le cours : B = μ_onI où n est le nombre de spires par mètre de l'enroulement.
D'où B = μ_oNI/L ;
Par définition, le moment magnétique M = N.I.S d'où M = B.V/μ_o ;

2°) M = B.V/μ_o avec ici B = 0,1 T et V = S.L = $1{,}0.10^{-4}$m².0,10 m = $1{,}0.10^{-5}$m^3 d'où finalement : M ≈ 0,8 A.m² ;

3°) I = B/(μ_on) avec n = N/L =1000 spires/m ; I = 80 A ; valeur difficilement accessible en pratique car les fils ne doivent pas avoir une section trop faible pour pouvoir supporter une telle intensité et l'effet Joule qui en résulte.

4°) Pour P au pôle, $\overrightarrow{M}$ et $\vec{r}$ sont colinéaires ; B = 2Mμ_o/(4πR^3) donne M = 4πR^3B/(2μ_o) ; M ≈ $7{,}2.10^{22}$ A.m²