

TD M4.1 - Champs électriques et magnétiques

Table des matières

1	Questions de cours	1
2	Cartographie de champ électrique	1
3	Cartographies de champ magnétique	2
4	Champ créé par une bobine longue	2
5	Questions de culture scientifique	2
6	Bobines de HELMHOLTZ	3

1 Questions de cours

1.1. Quelles sont les sources de champ magnétique ? Donner des exemples.

1.2. Qu'est-ce qu'une ligne de champ magnétique ? Que peut-on dire de l'intensité du champ magnétique lorsque les lignes de champ s'écartent ? Se rapprochent ? A quel type de ligne correspond un champ uniforme. Comment reconnaît-on l'emplacement des sources ?

1.3. Le champ magnétique créé par un fil rectiligne illimité parcouru par un courant d'intensité I s'exprime dans une base locale cylindrique d'axe (Oz) (confondu avec le fil) par :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_\theta$$

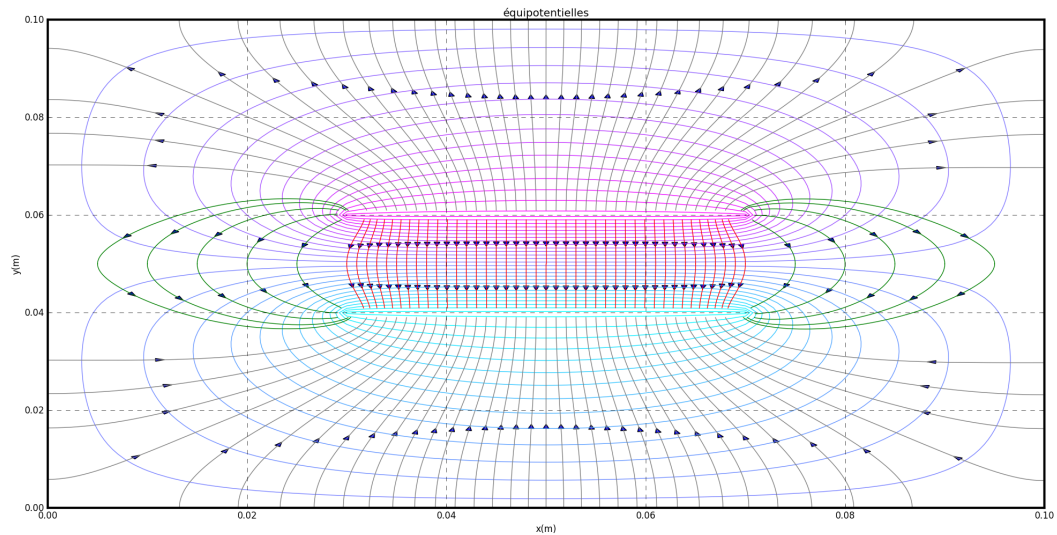
où $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ est la perméabilité magnétique du vide.

Définir le sens de $\vec{B}$, tracer les lignes de champ. Calculer la norme B du champ électrique créé à $r = 1 \text{ cm}$ d'un fil infini parcouru par un courant d'intensité $I = 1 \text{ A}$; Comparer cette valeur à celle de la composante horizontale du champ magnétique terrestre et commenter. Discuter le modèle du fil infini.

1.4. Quels dispositifs simples permettent de réaliser dans une zone donnée un champ magnétique quasi-uniforme ?

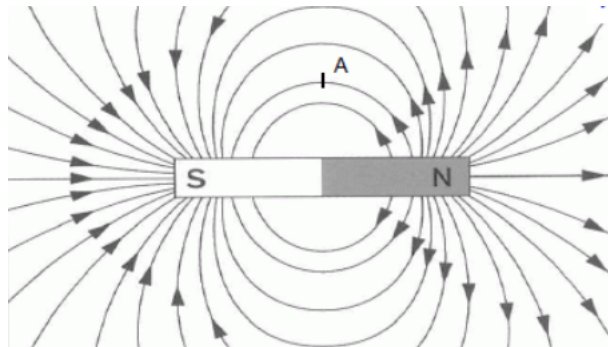
2 Cartographie de champ électrique

2.1. Par quoi est produit le champ électrique ci-dessous ? Où sont les champs les plus intenses ? Où le champ est-il uniforme ?

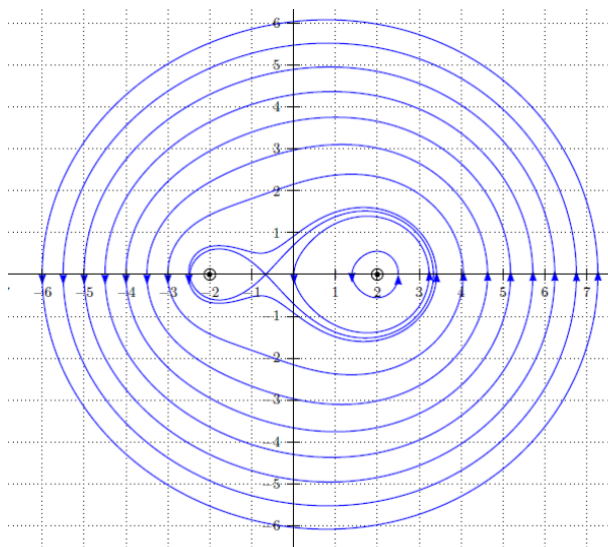


3 Cartographies de champ magnétique

3.1. Par quoi est produit le champ magnétique ci-dessous ? Où sont les champs les plus intenses ?



3.2. Par quoi est produit le champ magnétique ci-dessous ? Où sont placées les sources et quelle est leur direction ? Où sont les champs les plus intenses ? Où le champ est-il nul ?



4 Champ créé par une bobine longue

On considère une bobine de longueur $\ell = 60 \text{ cm}$, de rayon $R = 4 \text{ cm}$, parcouru par un courant d'intensité $I = 0,6 \text{ A}$.

4.1. La formule du champ dans un solénoïde est-elle valable ?

4.2. Déterminer le nombre de spire nécessaires pour obtenir un champ magnétique de 1 mT .

4.3. La bobine est réalisée en enroulant un fil de $1,5 \text{ mm}$ de diamètre autour d'un cylindre en carton. Combien de couches faut-il bobiner pour obtenir le champ précédent ?

5 Questions de culture scientifique

5.1. Avec quel appareil mesure-t-on un champ magnétique ? Quel est son principe élémentaire ?

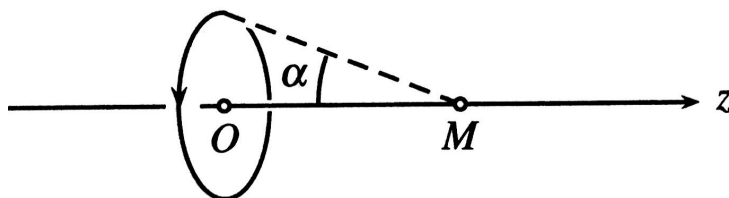
5.2. On dispose au laboratoire d'un aimant droit et d'une aiguille aimantée, mais toutes les indications sont effacées sur les deux objets. Comment repérer très simplement le pôle Nord et le pôle sud de l'aimant ?

6 Bobines de HELMHOLTZ

Dans le cas d'une spire de rayon R et d'axe (Oz) , parcourue par un courant d'intensité I , on admettra que le champ magnétique en un point M de l'axe est de la forme :

$$\vec{B}_s(M) = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3(\alpha) \vec{u}_z$$

où $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ est la perméabilité magnétique du vide.

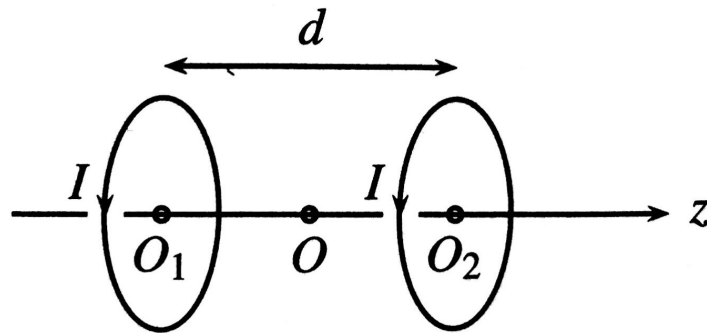


6.1. Montrer que le champ créé par la spire en un point de son axe est de la forme :

$$\vec{B}_s(M) = B_0 f(Z) \vec{u}_z$$

où $Z = \frac{z}{R}$, $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$ et $f(Z) = \frac{1}{(1 + Z^2)^{\frac{3}{2}}}$

Deux bobines plates identiques de longueur ℓ , de rayon R , de centre O_1 et O_2 , ont le même axe de symétrie (Oz) et sont placées symétriquement par rapport au point O telles que $d = O_1 O_2$. On dit que les bobines sont plates car $R \gg \ell$, ainsi le centre de chaque spire d'une bobine est quasiment confondu avec le centre de la bobine considérée. Elles comportent chacune N spires circulaires et sont toutes deux parcourues par un courant d'intensité I dans le sens positif autour de (Oz) , selon la règle de la main droite, et créent chacune un champ magnétique identique à celui de la spire précédente. Les champs magnétiques des spires s'ajoutent vectoriellement en chaque point M de l'espace.

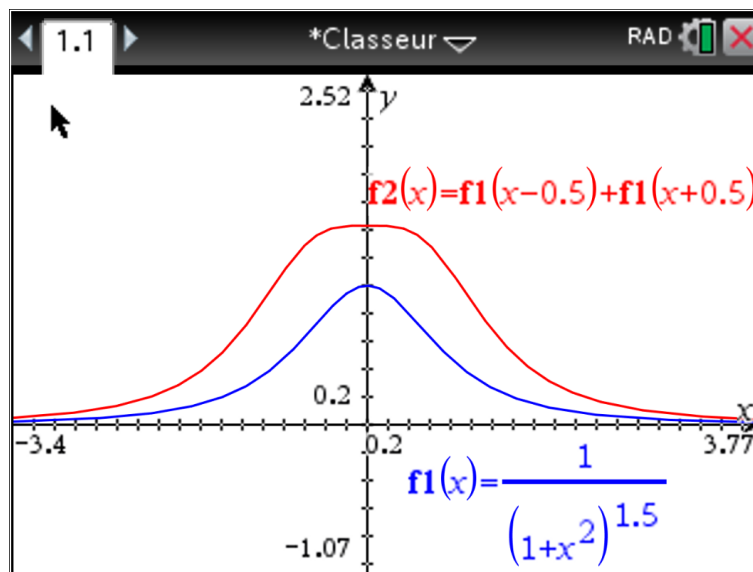


6.2. Montrer que le champ magnétique en un point $M(z)$ quelconque de l'axe (Oz) de coordonnée z est :

$$\vec{B}(M) = NB_0 \left(f\left(Z - \frac{d}{2R}\right) + f\left(Z + \frac{d}{2R}\right) \right) \vec{u}_z = B(Z) \vec{u}_z$$

6.3. A l'aide de votre calculatrice préférée, tracer l'allure de la courbe $B(Z)$ dans les trois cas : $d \ll R$, $d \gg R$ et $d = R$.

6.4. Quel est l'intérêt pratique du cas $d = R$?



6.5. Calculer $B(0)$ pour $R = d = 20$ cm, $N = 100$ et $I = 0,50$ A.