

## Correction du TD

### I Aimant en U

Voir Figure 1 et 2.1. Les LdC sortent par le Nord, entrent par le Sud. Le champ est fort là où les LdC sont serrées, faible là où elles sont éloignées. Il est uniforme là où les LdC sont parallèles et régulièrement espacées. Dans l'entrefer (dans le métal), le champ va du Sud au Nord.

On peut créer des champs uniformes dans un solénoïde, et au milieu d'une bobine de HELMOLTZ, constituée de deux bobines plates de même rayon  $R$  et espacées de  $R$ , parcourues par la même intensité dans le même sens.

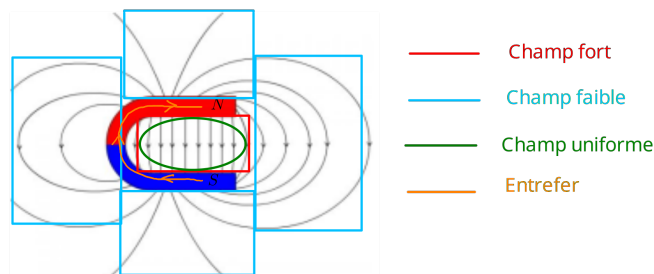


FIGURE 1 ET 2.1 – Correction aimant en U.

### II Cartes de champ

Voir Figure 1 et 2.2.

- ◇ Le champ est le plus intense là où les LdC sont très rapprochées, et faible là où il y a peu de LdC.
- ◇ Les LdC s'enroulent autour des sources, qui sont donc situées au niveau des points noirs de chaque figure. Il y en a six sur la figure de gauche, et 4 sur la figure de droite. Comme on nous indique que ce sont des spires, on a **3 spires** à gauche et **2 spires** à droite.
- ◇ Connaissant l'enroulement des LdC, le sens du courant dans les fils se déduit de la règle de la main droite (l'enroulement des doigts donne le sens des LdC, le pouce donne le sens du courant). Dans tous les cas, le courant est perpendiculaire au plan de la feuille.

Sur la carte de gauche, le courant sort du plan de la feuille  $\odot$  pour les 3 sources de gauche, et rentrent dans le plan de la feuille  $\otimes$  pour les 3 sources de droite.

Sur la carte de droite, le courant sort du plan de la feuille  $\odot$  en haut à droite et en bas à gauche, et rentre  $\otimes$  en haut à gauche et en bas à droite.

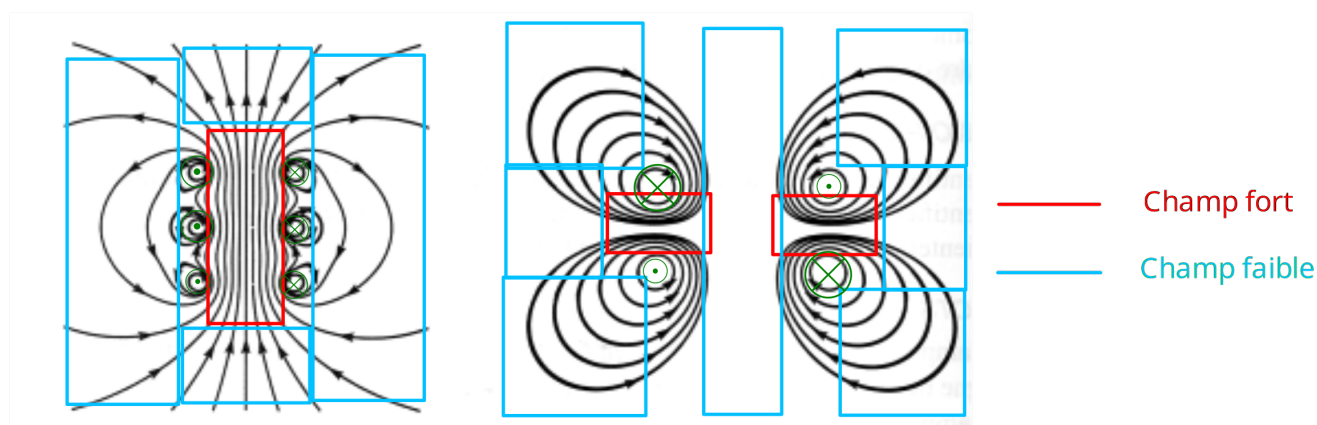


FIGURE 1 ET 2.2 – Correction cartes de champ.

### III Aimantation d'un matériau

- 1) Le moment magnétique d'une spire plane d'axe  $S$  et parcourue par un courant  $I$  a pour norme  $\|\vec{\mu}\| = SI$ . On en déduit qu'un moment magnétique s'exprime en  $A \cdot m^2$ . En divisant par un volume en  $m^3$ , on obtient bien des  $A \cdot m^{-1}$ .

- 2) Un aimant est d'autant meilleur que son moment magnétique est élevé et son volume faible : un bon aimant doit donc être fait d'un matériau qui possède une **forte aimantation**.
- 3) Pour une aimantation  $M = 3 \times 10^6 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ , le moment magnétique de l'aimant en question vaut

$$\mu_{\text{aimant}} = M \times \pi R^2 e = 0,2 \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

- 4) Le moment magnétique d'un ensemble de  $N$  spires juxtaposées montées en série vaut  $\mu_{\text{spires}} = NI\pi R^2$ . Pour avoir le même moment que l'aimant précédent, on doit avoir

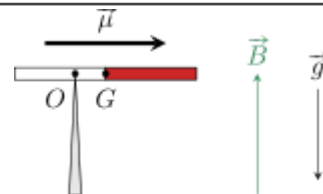
$$\mu_{\text{aimant}} = \mu_{\text{spires}} \Leftrightarrow M\pi R^2 e = NI\pi R^2 \quad \text{soit} \quad N = \frac{Me}{I} = 3 \times 10^4$$

c'est-à-dire 30 000 spires ! On retiendra qualitativement que le magnétisme de la matière est bien plus fort que le magnétisme des courants.

## IV Équilibre d'un aimant

Un aimant très fin, de moment magnétique  $\vec{\mu}$  et de masse  $m$ , repose en équilibre sur une pointe en O. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  et au champ de pesanteur terrestre  $\vec{g}$ . On appelle G le centre d'inertie de l'aimant.

Exprimer la distance  $d = OG$  pour que l'aimant reste en équilibre horizontal.



## V Rails de LAPLACE inclinés

On reprend les rails de LAPLACE, mais en les inclinant : au lieu d'être horizontaux, ils forment un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la verticale. Le champ magnétique est supposé stationnaire, uniforme, vertical dirigé vers le haut, de norme 150 mT. Le barreau mobile des rails de LAPLACE pèse 8,0 kg et est long de  $\ell = 12 \text{ cm}$ . Les frottements sont négligés, de même que tout phénomène d'induction.

- 1) Faire un schéma du dispositif en représentant les différentes forces agissant sur le barreau mobile. Quel doit être le sens du courant dans le circuit pour que la force de LAPLACE retienne le barreau ?
- 2) Déterminer l'intensité du courant permettant l'équilibre du barreau.
- 3) Partant de cette situation, on communique au barreau une vitesse initiale  $v_0$  dirigée vers le haut. Déterminer son mouvement ultérieur.
- 4) En raisonnant à partir de la loi de LENZ (chapitre suivant), indiquer qualitativement comment est modifiée la réponse à la question précédente lorsque l'on tient compte de l'induction.

## VI Mesure du champ magnétique terrestre

Dans un laboratoire situé à Paris, on souhaite déterminer la norme  $\|\vec{B}_h\|$  de la composante horizontale locale  $\vec{B}_h$  (dont le sens et la direction sont donnés sur la Figure 1 et 2.3) grâce à un dispositif d'ÆRSTED (Figure 1 et 2.4). Ce dernier est constitué d'une aiguille aimantée libre de pivoter sans frottement sur son axe, fixé à un socle transparent et un fil de cuivre relié à deux bornes de sécurité fixées au même socle transparent, de courant admissible 5 A.

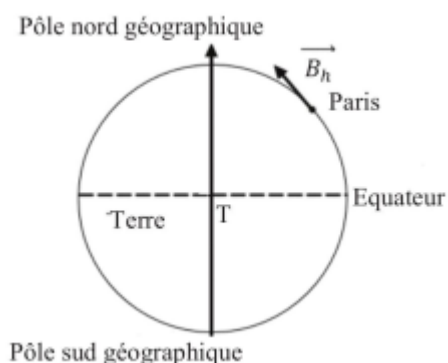


FIGURE 1 ET 2.3 – Sens de la composante horizontale locale du champ magnétique terrestre à Paris.



FIGURE 1 ET 2.4 – Dispositif d'ÆRSTED

- ◇ un rapporteur ;
- ◇ des fils électriques ;
- ◇ un interrupteur ;
- ◇ une alimentation électrique stabilisée (0 ; 30) V/5 A ;
- ◇ un ampèremètre ;
- ◇ un teslamètre permettant la mesure d'intensité de champs magnétiques entre (0,1 ; 100) mT.

**Donnée**

Le champ magnétique créé par un fil infini parcouru par un courant  $I$  s'exprime, dans un système de coordonnées cylindriques d'axe  $z$  orienté par le sens réel du courant, par :

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

avec  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ . On admet que le champ créé par le fil du dispositif d'ERSTED est convenablement décrit par cette expression.

On souhaite établir un protocole permettant de mesurer la composante horizontale locale du champ magnétique terrestre à Paris en exploitant le principe de superposition des champs magnétiques.

- 1) Pour quelle raison ne peut-on pas se servir directement du teslamètre pour effectuer la mesure ?
- 2) On suppose que le fil est parcouru par un courant d'intensité  $I = 1 \text{ A}$ . Calculer la valeur du champ magnétique à  $r = 2 \text{ cm}$  du fil.
- 3) Décrire et schématiser l'expérience à réaliser en vous servant du matériel mis à votre disposition, exception faite du teslamètre.
- 4) Préciser les mesures à réaliser, et la technique numérique à employer pour trouver la valeur.
- 5) Donner un ordre de grandeur des grandeurs physiques à employer pour réaliser l'expérience.