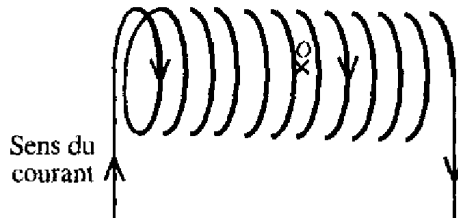


## Sujet 1 – corrigé

## I Champ créé par un solénoïde

Un solénoïde de longueur  $l = 40$  cm comporte 500 spires de rayon  $r = 1$  cm. Il est parcouru par un courant d'intensité 2 A (le sens est représenté sur le schéma ci-dessous).



**Donnée.**  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  SI.

- Comment s'appelle la constante  $\mu_0$  ? Quelle est sa dimension et son unité ?

**Réponse :**

Perméabilité du vide. D'après la formule qui donne le champ magnétique créé par une bobine infinie :

$$B = \mu_0 n I \quad \Rightarrow \quad \mu_0 = \frac{B}{n I}.$$

La dimension de la perméabilité du vide est donc :

$$\dim(\mu_0) = \frac{\dim(B)}{L^{-1} I}.$$

Pour trouver la dimension d'un champ magnétique en unité du système international, on peut utiliser l'expression de la force de Laplace :

$$F = I L B \quad \Rightarrow \quad \dim(B) = \frac{M L T^{-2}}{I L}.$$

Finalement :

$$\dim(\mu_0) = \frac{M L T^{-2}}{L^{-1} I I L} = M L T^{-2} I^{-2}.$$

Son unité est donc  $\boxed{\text{kg} \cdot \text{m} / (\text{A}^2 \text{s}^2)}$ .

- Représenter les lignes de champ à l'intérieur du solénoïde.

**Réponse :**

Elles sont horizontales et parallèles entre elles (cf images du cours).

- Donner les caractéristiques et représenter le vecteur champ magnétique au point  $O$ .

**Réponse :**

D'après la règle de la main droite, le champ magnétique créé par le solénoïde est horizontal et orienté vers la droite dans cet exemple.

4. Comment peut-on mesurer le champ à l'intérieur du solénoïde ?

**Réponse :**

On peut utiliser un capteur de champ magnétique : une sonde à effet hall que l'on appelle aussi parfois un teslamètre. Le type de teslamètre utilisé en TP est :



Figure 1.1: Tesla-mètre vendu par Jeulin.

Le capteur à proprement parlé est caché dans l'embout noir en forme de L à gauche de la sonde. Il est composé de 2 sondes à effet Hall perpendiculaires (d'où la forme de L) qui permettent de connaître la valeur du champ magnétique selon 2 directions.

5. Exprimer et calculer la valeur du champ magnétique au centre du solénoïde.

**Réponse :**

D'après la formule du cours (que vous démontrerez l'année prochaine)

$$\vec{B}(O) = \mu_0 n I \vec{e}_z,$$

où  $\vec{e}_z$  est un vecteur unitaire horizontal orienté vers la droite et  $n$  le nombre de spires par unité de longueur. L'application numérique donne :

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \times 500 \times 2}{0,4} = \boxed{3,1 \text{ mT}}.$$

## Sujet 2 – corrigé

## I Petites oscillations d'un aimant

Un aimant homogène, de moment magnétique  $\vec{\mathcal{M}}$ , de moment d'inertie  $J$  par rapport à son centre de gravité  $G$ , est libre de tourner autour de  $G$  dans un plan horizontal. Il est soumis à l'action d'un champ magnétique extérieur  $\vec{B}$  uniforme généré par une bobine.

1. Faire un schéma du système.

**Réponse :**

2. Donner l'expression du couple de Laplace créé par la bobine sur l'aimant

**Réponse :**

$$\vec{C} = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}.$$

3. L'aimant est légèrement tourné par rapport à sa position d'équilibre, tout en restant dans le même plan horizontal, puis lâché. Quelle est la période des petites oscillations de l'aimant ?

**Réponse :**

On applique la loi du moment cinétique à l'aimant dans le référentiel galiléen du laboratoire projeté sur l'axe de rotation de l'aimant :

$$J \frac{d\omega}{dt} = C \quad \Rightarrow \quad J \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\mathcal{M}B \sin \theta.$$

Si les angles sont petits, cette équation devient celle de l'oscillateur harmonique dont la pulsation propre est :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\mathcal{M}B}{J}}$$

4. Afin d'en déduire la valeur du champ magnétique  $\vec{B}$ , sans connaître ni le moment magnétique de l'aimant, ni son moment d'inertie, on ajoute au champ  $\vec{B}$  un champ magnétique  $\vec{B}'$  créé par une bobine longue. On place d'abord la bobine telle que  $\vec{B}'$  et  $\vec{B}$  soient parallèles et de même sens et on mesure la période  $T_1$  des petites oscillations de l'aimant. On change ensuite le sens du courant dans la bobine et on mesure la nouvelle valeur  $T_2$  de la période des petites oscillations. En déduire  $B$  en fonction de l'intensité de  $B'$  et du rapport  $T_1/T_2$  sachant que  $B < B'$ .

**Réponse :**

On a

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{\mathcal{M}(B + B')}} \quad ; \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J}{\mathcal{M}(B' - B)}}.$$

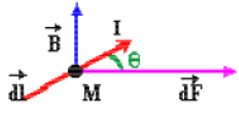
En divisant une équation par l'autre, on trouve :

$$\begin{aligned}\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 &= \frac{B' - B}{B + B'} \\ \Leftrightarrow (B + B') \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 &= B' - B \\ \Leftrightarrow B \left( \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 + 1 \right) &= B' \left( 1 - \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \right) \\ \Leftrightarrow B &= B' \times \frac{1 - \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2}{1 + \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2}\end{aligned}$$

## Sujet 3 – corrigé

## I QCM

1. Laquelle des expressions est la loi de Laplace ?

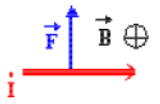
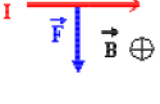

	<p>On considère un élément de courant <math>d\vec{\ell}</math>, d'intensité <math>I</math>, de longueur <math>dl</math>, placé en <math>M</math>, orienté dans le sens du courant et soumis au champ magnétique <math>\vec{B}</math>.</p> <p>Il subit une force <math>d\vec{F}</math> dite de "Laplace", appliquée en <math>M</math>.</p>	$d\vec{F} = Id\vec{\ell} \cdot \vec{B}$
		$ d\vec{F}  = Id\ell B \sin \theta$
		$d\vec{F} = Id\vec{\ell} \wedge \vec{B}$
		$d\vec{F} = I\vec{B} \wedge d\vec{\ell}$

Réponse :

2 réponses sont correctes :

$$d\vec{F} = I d\vec{\ell} \wedge \vec{B} \quad ; \quad |d\vec{F}| = IdlB \sin \theta.$$

2. Donner la bonne configuration.

Action d'un champ magnétique $\vec{B}$ sur un courant rectiligne $I$ .			
--	--	---	---

Réponse :

La bonne réponse est celle de gauche.



## Sujet 4 – corrigé

## I Carte de champ magnétique

Les champs magnétiques représentés par les cartes ci-dessous sont obtenus avec des courants électriques (pas d'aimants permanents).

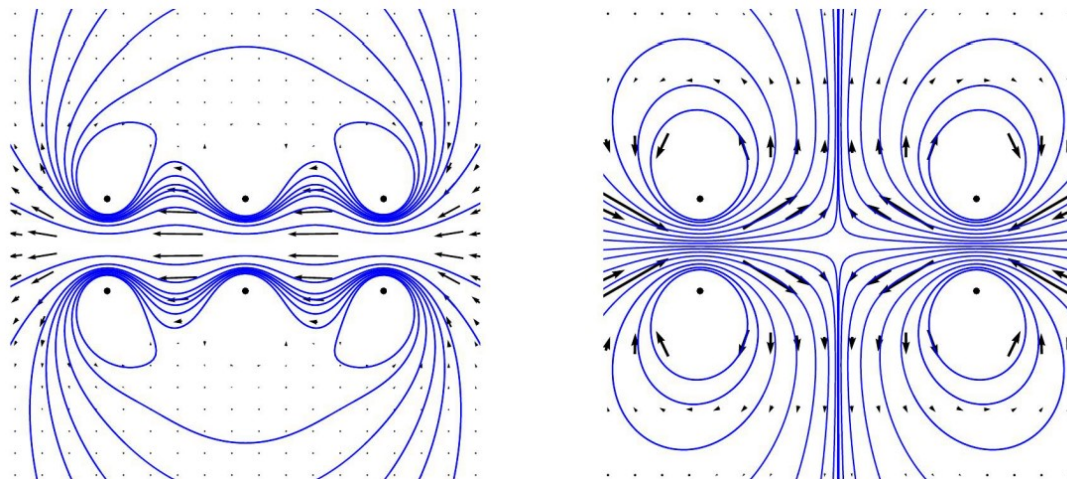


Figure 4.1: Cartes de champ magnétiques obtenues pour deux distributions de courant.

1. Dans les deux cas, indiquer la position des sources, le sens du courant, les zones de champ fort et faible, et le cas échéant s'il existe une zone de l'espace où le champ magnétique est uniforme.

## Réponse :

- Les lignes de champ 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 quatre sur la figure de droite. Les courants étant orthogonaux au plan de la feuille.
- Connaissant l'enroulement des lignes de champ, le sens du courant dans les fils se déduit de la règle de la main droite (l'enroulement des doigts donne le sens des lignes de champ, le pouce étant orienté dans le sens du courant). Dans tous les cas, le courant est perpendiculaire au plan de la feuille. Raisonnons dans le cas où la feuille est posée sur votre table. Sur la carte de gauche, le courant va du sol vers le plafond  $\odot$  pour les trois sources du bas et du plafond vers le sol  $\otimes$  pour les trois sources du haut. C'est le cas classique d'un solénoïde à trois spires. Pour le cas de droite, le courant va du sol vers le plafond  $\odot$  pour la source en haut à gauche et en bas à droite. Et le courant va du plafond vers le sol  $\otimes$  pour les sources en haut à droite et en bas à gauche. Une telle configuration permet de créer un champ nul au centre du système.
- Les zones de champ fort sont celles où les lignes de champ sont très rapprochées, les zones de champ faible celles où il y a peu de lignes de champ.
- Une zone de champ uniforme se traduit par des lignes de champ parallèles et régulièrement espacées : il n'y en a sur aucune des deux cartes.

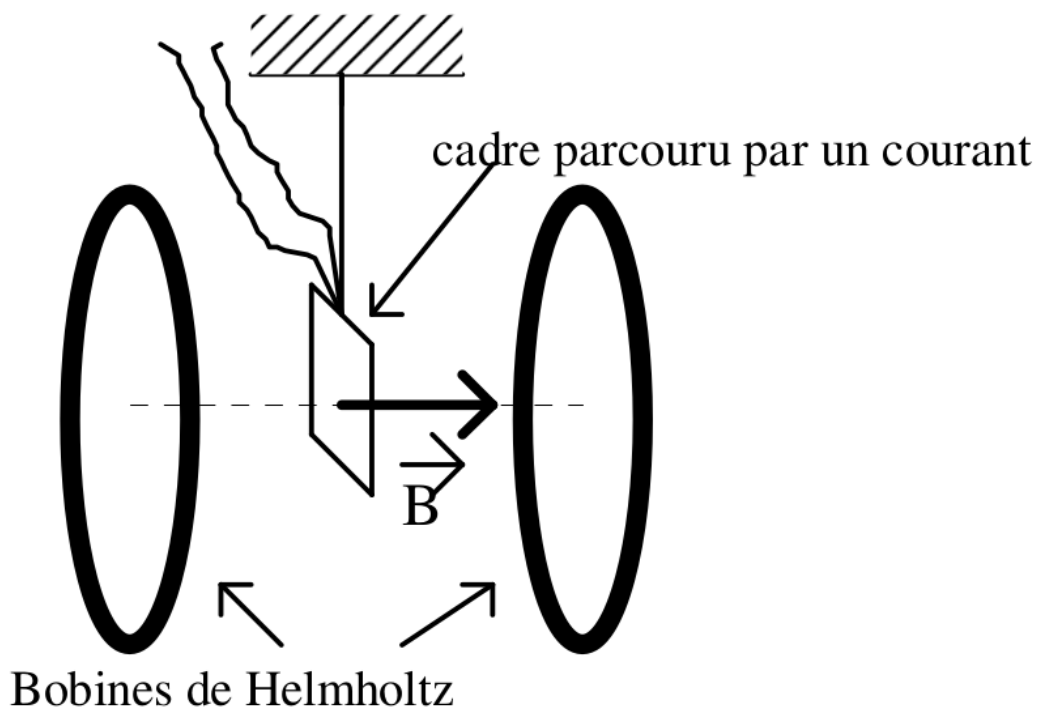




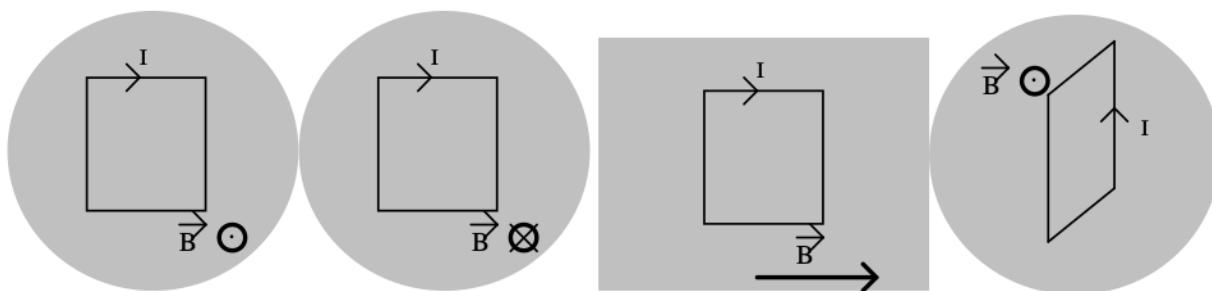
## Sujet 5 – corrigé

## I Cadre conducteur mobile dans un champ magnétique

On considère un cadre rectangulaire parcouru par un courant d'intensité  $I$  et suspendu entre deux bobines de Helmholtz où règne un champ magnétique uniforme horizontal. La partie grise correspond au champ magnétique créé par les bobines.



1. Représenter les forces de Laplace agissant sur les côtés du cadre pour les quatre situations ci-dessous.



Réponse :

