MOMENT MAGNETIQUE EN CHAMP MAGNETIQUE

But de la manipulation.

Dans ce TP, nous allons vérifier la dépendance du moment mécanique (couple de rotation) en vigueur sur les spires alimentées avec un courant ***I*** dans un champ magnétique avec pour variables:

- L'intensité de champ magnétique,
- Le courant ***I*** dans les spires,
- L'angle entre le champ magnétique et le moment magnétique.

Information général.

En physique, le moment magnétique est une grandeur vectorielle qui permet de mesurer l'intensité d'une source magnétique. La source peut être une distribution de courant, ou bien un matériau présentant un moment magnétique spontané. Ce moment magnétique est souvent noté ***m***.

Pour le courant *I* dans un circuit *C*, on définit le moment magnétique ***m*** par la formule :

$$\vec{m} = \frac{I}{2}\oint_C \vec{r} \times d\vec{r} = I \iint_A d\vec{\Omega}\ .$$

A c'est une surface quelconque limiter par *C*.

Si on applique le champ magnétique B sur le circuit avec le moment magnétique ***m***, on obtient le moment de rotation sur ce circuit

$$\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B} \qquad (1)$$

Dans notre cas de circuit de *n* spires de diamètre *d* nous avons :

$$\vec{m} = I \cdot n \cdot \vec{A}, \qquad (2)$$

$$|\vec{m}| = I \cdot n \cdot \frac{\pi}{4} d^2, \qquad (3)$$

$\vec{A}$ c'est une vecteur de surface de la spire.

Le moment (la couple) de rotation peut être écrit dans ce cas :

$$|\vec{T}| = |\vec{B}| \cdot I \cdot n \cdot \frac{\pi}{4} d^2 sin\ \alpha, \qquad (4)$$

Ou *d* c'est un diamètre des spires, α c'est un angle entre $\vec{B}$ et $\vec{A}$, $\vec{B}$ c'est le champ magnétique crée par le courant *J* dans les bobines d' Helmholtz (voir partie Bases Théoriques de TP Magnétostatique):

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0 NJ}{R}\left(\frac{5}{4}\right)^{-3/2} \qquad (5)$$

,

ou $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ H/m = 4\pi \cdot 10^{-7}\ T{\cdot}m{\cdot}A^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7}\ V\ s\ A^{-1}m^{-1}$. Nous pouvons, donc, lier le moment de rotation avec les paramètres des spires et le courant *I*.

Principe:

Une boucle de conducteur parcourue par un courant continu est placée dans un champ magnétique uniforme. Cette boucle permet de mettre en évidence le moment de rotation qui est une fonction du rayon, du nombre de spires et du courant dans la boucle de conducteur ainsi que de l'intensité du champ externe. Le champ uniforme est crié par les bobines d'Helmholtz (voir le TP Magnétostatique).

Matériels utilisés :

- Un dynamomètre de torsion 0.01N
- Une paire des bobines d'Helmholtz, *N=154, R=0.2m±0.01m*
- Une petite bobine avec trois (ou deux) spires, *r=d/2=6 cm.*
- Les conducteurs circulaires (les spires)
- Une source de courant pour les bobines d'Helmholtz
- Une source de courant pour les spires.
- Deux multimètres

Le montage :
Le montage est présenté sur la figure dessous. Il est composé de deux sources du courant contenu, la première alimente les bobines d'Helmholtz pour créer le champ magnétique $\vec{B}$. La deuxième alimentation génère le moment magnétique $\vec{m}$ dans les spires. Les courants I et J sont mesurés dans chaque circuit par les ampèremètres.

Mesures et interprétations

ATTENTION ! Le matériel est fragile, toutes les manipulations doivent être faites délicatement. La valeur du courant *J* dans les bobines d'Helmholtz ne doit pas dépasser 3A !
Après le TP il ne faut pas débrancher les fils.

Dans ce travail pratique, nous vérifierons les relations (4) - (5).

1. Nous utilisons la boucle de plus grand rayon avec le plus grand nombre des spires - expliquer pourquoi. Que pouvez-vous dire au sujet de distance entre les grandes bobines ? Noter les paramètres de la boucle ainsi que les paramètres des bobines d'Helmholtz. L'unité des graduations du dynamomètre est égale à 10^{-4} *N·m*. (proposer une méthode pour le vérifier, basée, par exemple, sur la force de gravité).

2. Quel type de produit est-il dans l'équation (1)? Exprimer ce produit par les coordonnes des vecteurs. Comment le module de vecteur $\vec{T}$ dépend des modules de vecteurs $\vec{B}$ et $\vec{m}$? Quelle est la direction de vecteur $\vec{T}$?

3. Tracer le schéma du montage et représenter les vecteurs $\vec{T}$, $\vec{m}$, $\vec{B}$ ainsi que les courants *I*, *J* et l'angle α. Faire le montage, appeler enseignant pour le vérifier.

Nous étudions la dépendance du moment (couple) de rotation T comme une fonction de :

A. L'intensité de champ magnétique crée par les bobines d'Helmholtz.

Dans cette manipulation on garde le courant dans la boucle I = 3A, le champ magnétique $\vec{B}$ est dans le au plan de la boucle, avec α=*90°*, l'angle entre $\vec{B}$ et $\vec{m}$.

A.1. Quelle type de relation existe entre $|B|$ et *J*? Comment oriente les vecteurs $\vec{B}$ et $J \cdot \vec{dl}$ ($\vec{dl}$ c'est une élément d'enroulement des bobines, voir partie Bases Théoriques de TP Magnétostatique)?

A.2. Mesurer la valeur de couple de rotation comme une fonction de courant *J* dans les bobines d'Helmholtz, réaliser 5-6 mesures pour *J* variant de 0 à 3A. Faire les calculs nécessaires pour remplir le tableau suivant:

J	B(J)	T_{mes}	$T_{th}(B(J))$	ΔJ	ΔB	ΔT_{mes}	ΔT_{th}

N.B. Pour les calculs des erreurs des valeurs théoriques, vous pouvez appliquer la méthode de propagation des erreurs.

A.3. À partir des données tabulées, tracer la courbe $T_{mes}= f_{mes}(J)$ (avec des rectangles d'erreur) et la courbe théorique $T_{th}=f_{th}(J)$ (sur la même figure) afin que vérifier l'expression (4). Tracer les courbes $T_{mes}= f_{mes}(B)$ *et* $T_{th}=f_{th}(B)$.

Pour vérifier nos mesures de T_{mes} le courant dans un circuit peut être inverser. Le dynamomètre doit dévier dans l'autre sens sur le même angle.

A.4. Quel type de relation existe entre *T* et *B* ? Est-ce que l'expérience confirme la relation théorique (3)? Rappelons que si les barres/rectangles d'erreur des courbes théorique et expérimentale se croisent, l'expérience confirme la relation théorique.

B. L'angle entre le champ magnétique et le moment magnétique.

Dans cette manipulation on garde le courant dans la boucle I = 3A, le courant dans les bobines

J = 3A. Nous étudions la variation de moment avec l'angle α.

B.1. Mesurer la valeur du couple de rotation comme une fonction de *sin(α),* 5-6 mesures.

B.2. Tracer le courbe $T_{mes}=f_{mes}(\sin(\alpha))$ (en faisant apparaître les rectangles d'erreur) après avoir fait les mesures, et la courbe $T_{th}=f_{th}(\sin(\alpha))$ N.B. L'axe d'abscisse c'est *sin(α).*

B.3. Quel type de relation existe entre T et *α?* Entre *T* et *sin(α)* ? Est-ce que l'expérience confirme la relation théorique (3)?

C. La valeur de moment magnétique.

Dans cette manipulation on garde le courant dans les bobines d'Helmholtz boucle *J=3A*, le champ magnétique $\vec{B}$ est perpendiculaire au moment magnétique $\vec{m}$, α=*90°*.

C.1. Quelle type de relation existe entre $I \cdot \vec{dl}$ et $\vec{m}$? Comment oriente le vecteur $\vec{m}$?

C.2-4 Faites les manipulations et calcules par rapport au courant J et le moment magnétique $\vec{m}$, comme dans les parties A.2-4.

C.5 Comment va changer le vecteur de T si nous changeons la direction du courant J et pourquoi? Et si nous changeons la direction du courant I? Et si nous modifions l'angle $\alpha \rightarrow \alpha + 180$? Vérifier ce comportement expérimentalement.

C.6. Supposons que le diamètre *d* de la petite bobine est inconnu, proposer une méthode afin que déterminer *d* par les mesures des courants et du moment de rotation. Calculer *d* et *Δd*, comparer avec la valeur de *2·r* spécifiée.