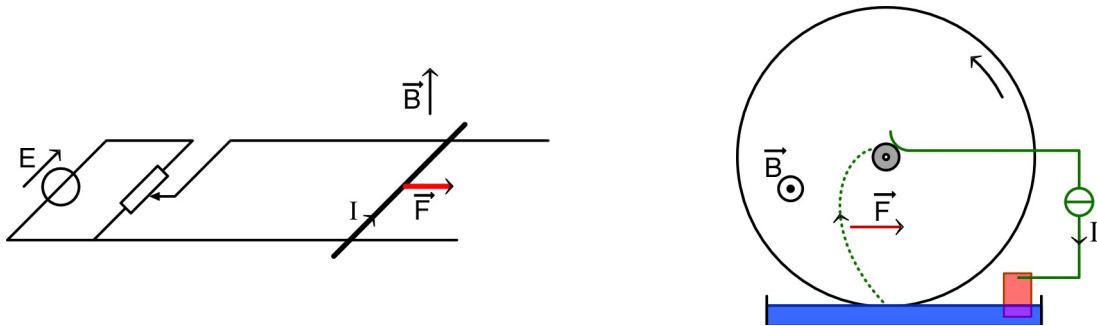


## FORCES MAGNÉTIQUES - TP

### 1. Mesures en courant continu

#### 1.1. Rails de Laplace et/ou roue de Barlow

- Vérifier l'existence et l'orientation de la force de Laplace : selon le sens du champ magnétique  $\vec{B}$ .



☞ remarque : de façon générale, ce type de manipulations peut nécessiter d'utiliser un courant assez intense, mais il faut tout de même ne pas exagérer pour ne pas détériorer le circuit électrique ; en pratique, c'est beaucoup plus net avec  $I \geq 5 \text{ A}$  mais les circuits ne supportent pas longtemps de tels courants.

☞ remarque : pour les rails de Laplace, on peut aussi tester l'influence du sens du courant ; par contre, la roue de Barlow utilisant une cuve de solution de  $\text{CuSO}_4$  (pour éviter la toxicité du mercure) subit de l'électrolyse qui abîmerait la roue si on inversait le sens du courant.

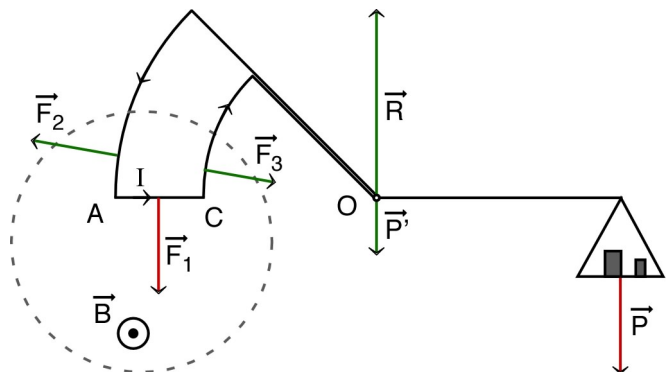
#### 1.2. Balance de Cotton

☞ remarque : les balances de Cotton sont très sensibles (les forces de Laplace mesurées sont faibles) mais très fragiles ; **le fléau doit être calé** lors du transport (ou du rangement).

- Équilibrer la balance en l'absence de courant : placer la vis de réglage fin à sa position moyenne (côté masses marquées) ; régler approximativement l'équilibre à l'aide du curseur coulissant (sur l'un des deux bras, selon le modèle) ; régler précisément à l'aide de la vis.

- Placer l'aimant "en U" dont on veut mesurer le champ magnétique (au niveau de la portion active AC).

- Placer des masses marquées sur le plateau (quelques centigrammes) ; faire passer le courant (dans le sens adapté) et l'ajuster afin de rétablir l'équilibre.



En déduire le champ magnétique ; comparer le résultat à celui donné par un teslamètre à sonde de Hall ; conclure.

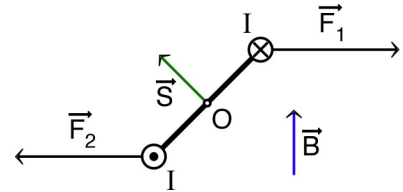
### 1.3. Balance de torsion

• On crée un champ magnétique quasi-uniforme à l'aide de bobines de Helmholtz : deux bobines coaxiales de même rayon  $R$ , séparées par une distance égale à ce rayon, parcourues par un même courant  $I$ . On suppose donc que le champ dans la "zone utile" est :  $B = \frac{\mu_0 N I}{R} \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2}$  avec une incertitude de 3 %.

• Mesurer  $R$  et  $I$ , puis mesurer  $B$  à l'aide d'un teslamètre à sonde de Hall. Avec  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ , en déduire le nombre de spires  $N$  (c'est généralement un multiple de 10, de l'ordre de 100 à 150).

• Placer sous le fil de torsion de la balance une petite bobine plate reliée (par des fils très souples) à un second générateur délivrant un courant  $I'$  (sur certains montages, ce circuit électrique passe par le fil de torsion ; l'une des bornes est au dessus, l'autre est en bas de l'axe).

♦ remarque : il n'est pas forcément interdit d'utiliser le même générateur avec un montage en série, mais ce n'est pas toujours judicieux, car les petites bobines dont on veut tester le moment dipolaire magnétique ne supportent pas forcément un courant aussi intense que celui des bobines de Helmholtz.



♦ remarque : pour les montages où ce n'est pas préparé, il faut fabriquer cette bobine à l'aide du fil mis à disposition (au moins  $\approx 50$  spires !), puis de la fixer sur l'axe (utiliser le "support" fourni).

• En l'absence de courant  $I'$ , placer initialement la petite bobine perpendiculaire aux bobines de Helmholtz ( $\vec{S} \perp \vec{B}$ ). Ce réglage peut s'ajuster à l'aide du support supérieur du fil de torsion, repérer alors l'angle de ce support (il est gradué).

Faire passer le courant  $I'$  (la petite bobine tourne sous l'effet des forces magnétiques), puis faire tourner le support supérieur de façon telle à ramener la petite bobine dans son orientation initiale. Mesurer le nouvel angle du support ; en déduire l'angle de torsion du fil, puis le moment du couple de forces magnétiques.

Connaissant  $B$ , en déduire le moment magnétique de la petite bobine ; comparer au résultat déduit de sa surface  $S$  et du courant  $I'$ .

• Ou bien inversement : mesurer l'angle de torsion ; connaissant le moment magnétique de la petite bobine, en déduire le champ  $B$  ; comparer le résultat à celui donné par un teslamètre à sonde de Hall ; conclure.

♦ remarque : la raideur en torsion d'un fil est la constante de proportionnalité  $C$  entre le moment du couple de torsion et l'angle :  $\mathcal{M} = C \theta$  (d'après la loi de Hooke).

♦ remarque : la raideur en torsion dépend du diamètre  $D$  et de la longueur  $L$  du fil :  $C = G \frac{\pi D^4}{32 L}$  où la constante  $G$  est le "module de cisaillement" (ou constante de Coulomb).

♦ remarque : le module de cisaillement peut s'exprimer sous la forme :  $G = \frac{E}{2(1+\alpha)}$  où la constante  $E$  est le "module d'élasticité" (ou constante d'Young) et où la constante  $\alpha$  est le "coefficient de Poisson" ; pour les métaux  $\alpha \approx 0,30$  ; pour l'acier  $E = (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11} \text{ N.m}^{-2}$  donc  $G \approx 7,8 \cdot 10^{10} \text{ N.m}^{-2}$ .

♦ remarque : les balances de torsion utilisées ont généralement des fils de torsion en acier :

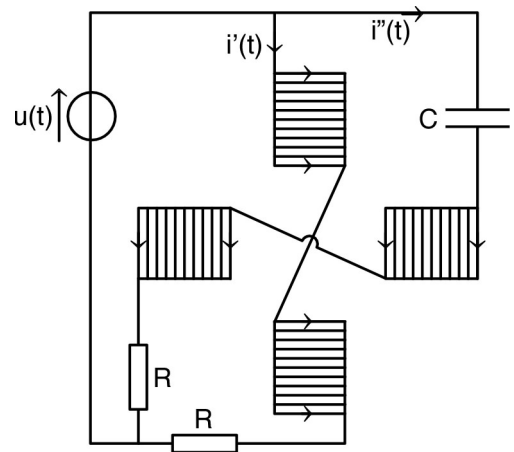
- pour  $D = 0,30 \text{ mm}$  et  $L = 232 \text{ mm}$  :  $C \approx 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ N.m.rad}^{-1}$  ;  $I \approx I' \approx 2 \text{ A}$  donnent  $\theta \approx 20^\circ$  ;
- pour  $D = 0,80 \text{ mm}$  et  $L = 200 \text{ mm}$  :  $C \approx 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ N.m.rad}^{-1}$  ;  $I \approx I' \approx 5 \text{ A}$  donnent  $\theta \approx 3^\circ$ .

## 2. Champ tournant et moteur synchrone

### 2.1. Réalisation d'un champ tournant

- À l'aide de deux paires de bobines, après en avoir mesuré l'inductance  $L$  et la résistance  $r$ , calculer la résistance  $R$  et la capacité  $C$  à placer en série pour obtenir deux composantes déphasées de  $\pm \frac{\pi}{4}$  (cela dépend de la fréquence choisie pour la rotation du champ).

- Vérifier expérimentalement cette proportionnalité à l'aide d'un oscilloscope.



### 2.2. Utilisation pour un moteur synchrone

- Placer une aiguille de boussole au centre du dispositif ; vérifier qu'elle ne peut démarrer seule.
- Lancer la rotation de l'aiguille (dans le sens de rotation du champ magnétique) ; vérifier que, si on réussit à lancer avec une fréquence de rotation proche de 50 Hz, alors la rotation se stabilise à 50 Hz et est entretenue ; mesurer sa fréquence à l'aide du stroboscope ; conclure.

## FORCES MAGNÉTIQUES - TP

### Groupes “rails de Laplace” (1 groupe ?)

1 montage avec rails de Laplace  
 1 aimant “en U” (avec isolation électrique)  
 1 générateur de courant réglable (24 V / 10 A )  
 1 rhéostat (pour régler 5 à 10 A si le générateur n'est pas assez réglable)  
 1 contrôleur électronique  
 1 teslamètre  
 8 fils (des longs et des courts)

### Groupes “roue de Barlow” (1 groupe ?)

1 montage avec roue de Barlow (et cuve avec  $\text{CuSO}_4$  )  
 1 aimant “en U” (avec isolation électrique)  
 1 générateur de courant réglable (60 V / 15 A )  
 1 contrôleur électronique  
 1 teslamètre  
 8 fils (des longs et des courts)

### Groupes “balance de Cotton” (2 groupes ?)

1 balance de Cotton (avec masses marquées adaptées)  
 1 aimant “en U” (sur support)  
 1 générateur de courant réglable (24 V / 3 A )  
 1 contrôleur électronique  
 1 teslamètre  
 8 fils (des longs et des courts)

### Groupes “balance de torsion” (1 à 3 groupes ?)

1 balance de torsion avec grandes bobines de Helmholtz  
 1 bobine à suspendre sur axe (ou de quoi la fabriquer et la fixer)  
 2 pinces crocodile  
 2 générateurs de courant réglable (24 V / 3 A )

### Groupes “champ tournant” (2 groupes ?)

1 générateur de tension sinusoïdale réglable (24 V )  
 1 oscilloscope  
 divers résistors 1  $\Omega$  à 100  $\Omega$  (1 A )  
 divers condensateurs 1  $\mu\text{F}$  à 100  $\mu\text{F}$   
 4 grosses bobines avec noyau réglable  
 1 aiguille de boussole sur support pivot  
 1 stroboscope