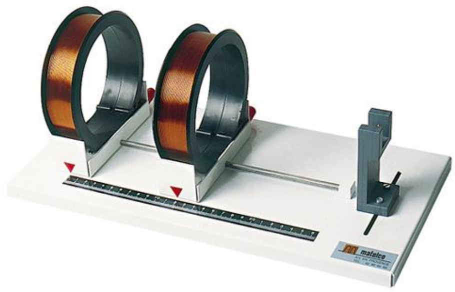
# TP n° 24 : Production et mesure de champ magnétique

**Document 1 : Les bobines de Helmholtz**

*Le dispositif des bobines de Helmholtz est constitué de deux bobines identiques de même rayon R, de même axe, distantes de R et parcourues par la même intensité I de manière à obtenir les deux champs magnétiques dans le même sens. Le champ résultant entre les deux bobines est alors quasi-constant et vaut :*



$$B(|x| \leq R) \approx \frac{8}{5\sqrt{5}} \frac{\mu_0 N I}{R}$$

- $\boldsymbol{\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H.m^{-1}}$ *est la perméabilité magnétique du vide.*
- $\boldsymbol{N}$ *est le nombre de spires d'une bobine.*
- $\boldsymbol{I}$ *est l'intensité du courant.*
- $\boldsymbol{R}$ *est le rayon des bobines.*

## I) Production d'un champ magnétique uniforme : Bobines de Helmholtz

*Dans cette partie, on souhaite déterminer le coefficient de proportionnalité entre le champ magnétique et l'intensité du courant traversant les bobines :* $\boldsymbol{B = \alpha \times I}$. *Ce coefficient permet de retrouver le nombre de spires des bobines* $\boldsymbol{N}$ *et sera utile pour réaliser la partie II du TP.*

★ Réaliser un circuit électrique série avec une alimentation continue, un rhéostat, un ampèremètre et les bobines de Helmholtz.

★ Calibrer le teslamètre en l'absence de champ magnétique avec la molette de mise à zéro.

★ Vérifier que les bobines sont bien en configuration Helmholtz en translatant la sonde du teslamètre selon l'axe des bobines (*Le champ magnétique doit être uniforme sur l'axe des bobines*).

★ Fixer la sonde du teslamètre proche du centre des bobines, réaliser une série de mesure de $\boldsymbol{B}$ en fonction de $\boldsymbol{I}$. (*On modifie l'intensité dans le circuit en changeant la valeur de la résistance du rhéostat*).

| ***I(A)*** | ***0,2*** | ***0,5*** | ***1,0*** | ***1,5*** | ***2,0*** | ***2,5*** | ***3,0*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***I(A)*** | | | | | | | |
| ***B(mT)*** | | | | | | | |

★ Estimer les incertitudes sur l'intensité $\boldsymbol{I}$ et sur la mesure du champ magnétique $\boldsymbol{B}$ (*On évaluera approximativement la variabilité des instruments de mesure et on supposera que l'incertitude est la même pour toutes les mesures*).

| $\Delta\mathrm{I} =$ | $\Delta\mathrm{B} =$ |
|---|---|

֍ Sur Spyder, lancer le programme python TP n°24.py (*Accessible sur cahier de prépa*).
֍ Compléter le script avec vos mesures et exécuter.

Noter le coefficient de proportionnalité $\boldsymbol{\alpha}$ et son incertitude associé (Attention aux unités).

| $\alpha =$ $\pm$ |
|---|

**1)** A partir du document **1** et de la valeur du coefficient $\alpha$, exprimer puis calculer le nombre de spires des bobines de Helmholtz.

★ Chaque bobine est constituée d'un empilement de 5 couches de fil de cuivre, vérifier alors la cohérence de votre résultat de la question précédente en comptant le nombre de spires d'une bobine.

## II) Mesure du champ magnétique terrestre

**Partie 1 : Méthode statique**

★ Placer une boussole au centre des bobines de Helmholtz non-alimentées, orienter l'axe des bobines orthogonalement à la direction repérée par la boussole (qui doit correspondre à la direction du Nord magnétique si l'on a pris soin, comme il se doit, de s'éloigner de toute source de champ magnétique parasite).

*En notant $\boldsymbol{B_H}$ le champ magnétique terrestre (plus précisément sa composante horizontale à l'endroit où est effectuée l'expérience) et $\boldsymbol{B_0}$ le champ créé par les bobines, on peut montrer que l'angle $\boldsymbol{\beta}$ dont tourne l'aiguille de la boussole est donné par la relation suivante :*

$$\boldsymbol{tan}(\beta) = \frac{\boldsymbol{B_0}}{\boldsymbol{B_H}}$$

★ Alimenter les bobines, faire varier l'intensité du courant jusqu'à observer un angle de 45° entre l'axe des bobines et la boussole. Noter la valeur de l'intensité correspondante.

$$\boldsymbol{I_{45°}} = \qquad \pm$$

**2)** A partir de la valeur du coefficient $\alpha$ déterminer dans la partie I, exprimer puis calculer le champ magnétique sur l'axe des bobines quand la boussole présente un angle de $\boldsymbol{\beta = 45°}$. En déduire la valeur du champ magnétique terrestre grâce à la relation ci-dessus.

**Partie 2 : Méthode dynamique**

*On peut montrer qu'une boussole oscille autour de la direction du champ magnétique local avec une période* $\boldsymbol{T}$ *égale, dans la limite des oscillations de faible amplitude et faiblement amorties, égale à :*

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{MB}}$$

- $\boldsymbol{J}$ *est le moment d'inertie (par rapport à l'axe de rotation),*
- $\boldsymbol{M}$ *le moment magnétique, et* $\boldsymbol{B}$ *le champ magnétique (plus précisément la composante orthogonale à l'axe de rotation).*

*Les valeurs de* $\boldsymbol{J}$ *et* $\boldsymbol{M}$ *ne sont pas aisément accessibles, mais leur connaissance n'est pas nécessaire si l'on peut ajouter au champ magnétique terrestre un champ magnétique connu (tel que celui créé par les bobines de Helmholtz).*

★ Placer une boussole au centre des bobines de Helmholtz, l'axe des bobines étant désormais aligné avec le champ magnétique terrestre.

*Avec (un sens de) l'alimentation convenablement choisie, le champ total correspond à la somme des 2 contributions (terrestre et des bobines), soit :* $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{B_0} + \boldsymbol{B_H}$.

★ Mesurer la période $\boldsymbol{T}$ des petites oscillations pour différentes valeurs de $\boldsymbol{I}$ (et donc de $\boldsymbol{B_0}$ à l'aide du coefficient $\boldsymbol{\alpha}$ déterminer dans la partie **I**).

| ***I(A)*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***T(s)*** | | | |

֍ Modifier le script python pour réaliser un ajustement affine de la forme $(\frac{1}{T})^2 = \boldsymbol{a}(\boldsymbol{B_0} + \boldsymbol{B_H})$

**3)** En déduire la valeur du champ magnétique terrestre $\boldsymbol{B_H}$ et comparer le résultat avec la valeur obtenue avec la méthode précédente.