

## MP 16 : Milieux Magnétiques

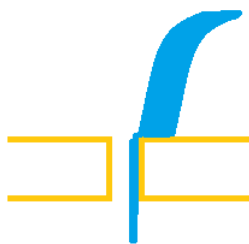
Introduction : Tout matériau peut être caractérisé par sa réponse à une excitation magnétique extérieure.

Mise en évidence expérimentale (qualitative) : Aiguilles aimantées s'orientent selon les **lignes de champ** lorsqu'on pose un aimant dessus.

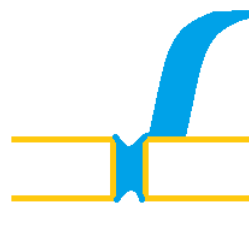
### I – Diamagnétisme / Paramagnétisme

Deux types de matériaux selon le signe de leur susceptibilité magnétique :  $\chi > 0 \rightarrow$  paramagnétique.  
 $\chi < 0 \rightarrow$  diamagnétique.

- Expérience qualitative : diamagnétisme du diazote et paramagnétisme du dioxygène.



Diazote liquide



Dioxygène liquide

Pour préparer le dioxygène liquide, il suffit de laisser tremper un tube à essai dans un dewar rempli d'azote liquide. Au bout d'une demi-heure, une quantité de dioxygène déjà importante est liquéfiée (à lancer en début de préparation).

On observe la formation d'un pont entre les deux aimants lorsqu'on verse le dioxygène. Il s'aligne dans

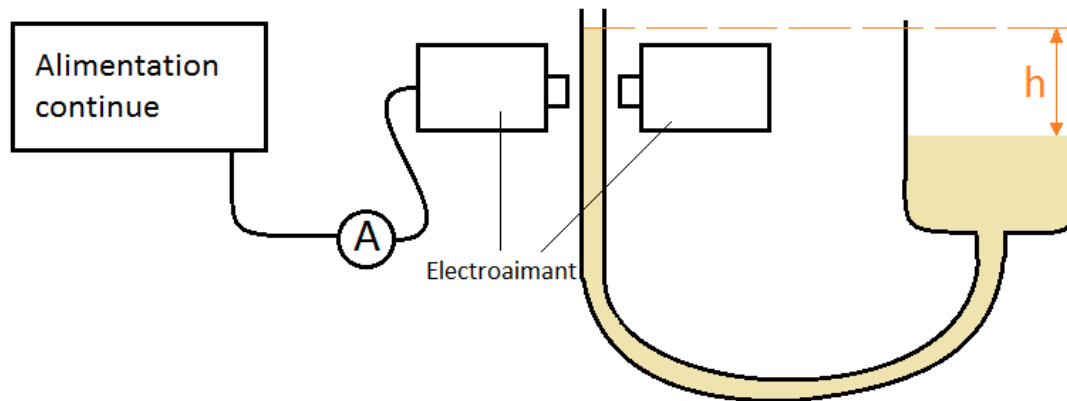
la direction du champ magnétique, il est donc paramagnétique.

- Expérience quantitative du Tube de Quincke :

On place dans un tube en U, appelé tube de Quincke, une solution saturée de  $\text{MnCl}_2$  liquide. Le chlorure de manganèse étant paramagnétique, sa susceptibilité magnétique est donnée par :

$$\chi = \frac{h}{B^2} 2\mu_0 \rho g \text{ (BFR Electromagnétisme 2)}$$

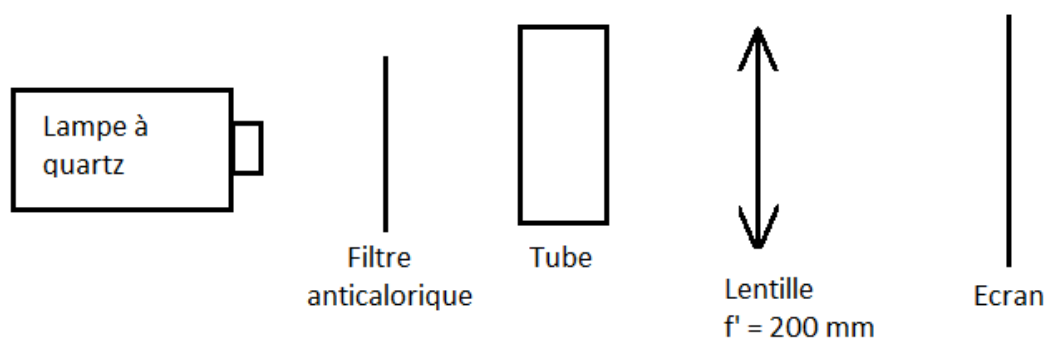
L'objectif de cette expérience est d'obtenir une valeur de cette susceptibilité magnétique. On place donc ce tube dans l'entrefer d'un électroaimant afin d'imposer un champ  $\vec{B}$  donné et en mesurant la variation de hauteur du liquide, on peut obtenir la valeur désirée.



- 1) On procède tout d'abord à l'étalonnage de l'électroaimant. On mesure le champ B produit par ce dernier à l'aide d'une sonde à effet Hall (teslamètre) pour une valeur donnée d'intensité parcourant les bobines de l'électroaimant (mesurée à l'ampèremètre).
- 2) Les graduations situées sur le tube étant d'un mm, on fait l'image du tube sur un écran pour minimiser les incertitudes dues à la lecture de la hauteur de liquide.

On utilise le système de projection assez simple décrit sur le schéma suivant. Le filtre anticalorique permet d'éviter de faire chauffer le liquide dans le tube, ce qui pourrait modifier la variation de hauteur dudit liquide.

On mesure le grossissement du système. On peut ensuite procéder à la mesure de la variation de hauteur sur l'écran.



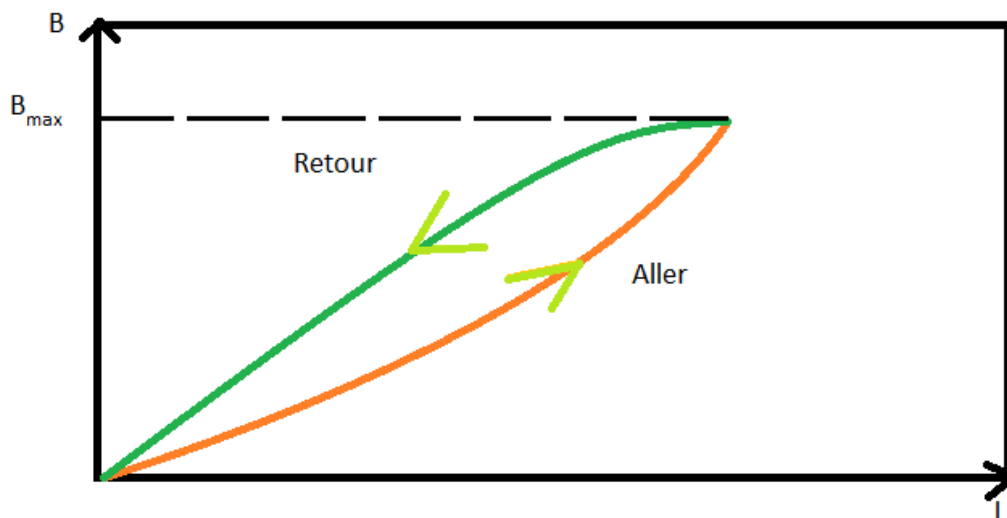
Une fois qu'on a la valeur de  $h$ , on peut en déduire  $\chi$ . Pour notre montage, nous avons obtenu :  
 $\chi \approx 3.10^{-4}$ .

La valeur théorique de la susceptibilité se trouve dans le *Handbook of Chemistry and Physics* (Attention, c'est une valeur de susceptibilité MOLLAIRE à convertir en fonction des caractéristiques de la solution préparée).

### Remarques :

- Le liquide paramagnétique usuellement utilisé est une solution saturée de  $\text{FeCl}_3$ , cependant, bien qu'il ait une susceptibilité plus importante, il est beaucoup plus salissant que celle de  $\text{MnCl}_2$  et beaucoup plus long à préparer. Le jour de l'Aggreg, il y aura certainement une solution de chaque déjà préparée.
- Retour sur l'étalonnage de l'électroaimant :

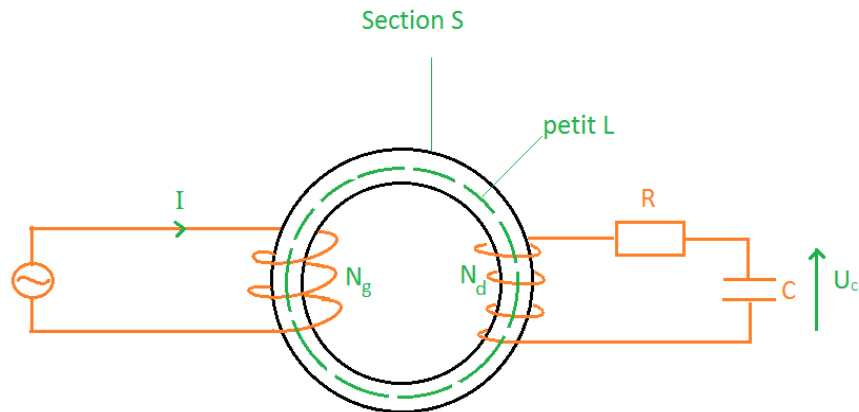
On constate que l'étalonnage de l'électroaimant n'était pas linéaire. En faisant augmenter continument l'intensité, le champ B prend un jeu de valeur. Cependant, lorsqu'on fait ensuite diminuer l'intensité, le champ B prend d'autres valeurs. On a un effet d'hystérésis.



## II – Ferromagnétisme

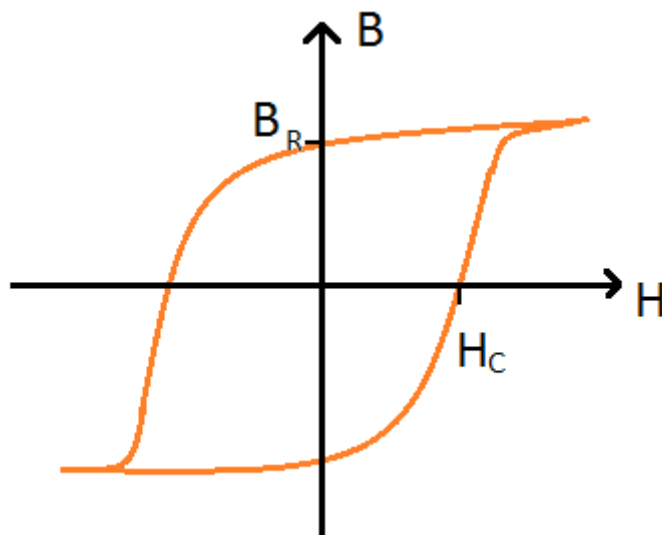
### a) Cycle d'Hystérésis

On utilise un tore ferromagnétique enroulé par deux bobines qui forment le primaire et le secondaire d'un transformateur. L'objectif de cette expérience est de tracer le cycle d'hystérésis de ce matériau ferromagnétique.



On a :  $H = \frac{N_g}{\text{petit } L} I$  et  $B = \frac{RC}{N_d S} U_c$  (QUARANTA mais la démo n'y est pas. Voir sur le compte rendu de la leçon sur le ferromagnétisme, nous l'avons trouvée sur internet nous...). On va donc tracer  $U_c$  en fonction de  $I$ .

On obtient donc un cycle :

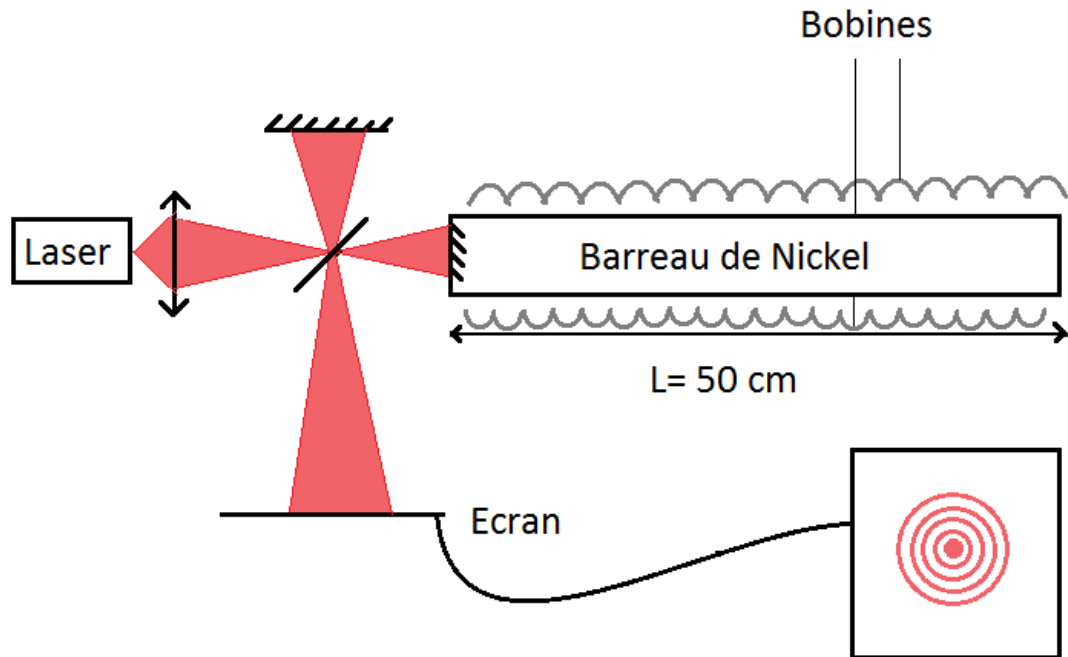


On peut ainsi acquérir (nous avons choisi d'acquérir le cycle sous Igor et de moyenniser 1000 fois) le cycle pour obtenir les valeurs de  $B_R$  et  $H_C$  ainsi que  $B_{\text{sat}}$  qui sont caractéristiques du matériau.

Des valeurs de  $B_R$  et  $H_C$  sont données dans le [BFR Electromagnétisme 2](#).

#### b) Magnétostriction

L'objectif de cette expérience est de s'intéresser à la capacité d'un matériau ferromagnétique à se dilater ou à se contracter sous l'effet d'un champ magnétique extérieur. Ce phénomène est appelé magnétostriction (pour plus d'informations, se rendre dans le bureau de Monsieur Jean-Baptiste Desmoulins ou JBD, qui a fait sa thèse dessus, et non pas sur le bureau).



- 1) On commence par étalonner le système. On fait varier l'intensité parcourant les bobines et on mesure le champ B à l'intérieur.
- 2) Le système se comporte comme un Michelson, une fois réglé, on peut, faire varier l'intensité pour modifier la taille du barreau (de Nickel ici) et ainsi, faire rentrer ou sortir les anneaux projetés sur l'écran. On peut ainsi mesurer précisément l'élongation du barreau.

Autre biblio : - *Dictionnaire de Physique expérimentale*, Lucien QUARANTA -> Tube de Quincke, Transformateur.

- Pour la magnétostriction, voir la thèse dudit JBD. Il y a dedans une explication de la magnétostriction et de la biblio, beaucoup de biblio sur le sujet.

Expériences que nous voulions faire mais que nous n'avons pas faites :

- Influence du noyau ferromagnétique dans des bobines de Helmholtz. Lorsqu'on place un barreau ferromagnétique à l'intérieur des bobines, on remarque que la tension de sortie est plus importante et que la valeur dépend du matériau utilisé. -> C'est une expérience qualitative.
- Pastille supraconductrice en ouverture.

- Expérience de la mesure de la balance de Gouy pour mesurer la susceptibilité d'un matériau para ou diamagnétique. (cf QUARANTA) il y a bien une balance de ce type en chimie mais bon...
- Mise en évidence des domaines de Weiss. Le corps enseignant (surtout JBD) de la prépa Agreg est fan d'une expérience mettant en évidence ces domaines et faisant apparaître de l'hystérésis. Cependant, l'expérience est encore loin d'être faisable en 4 heures de préparation (à moins de ne faire que ça et encore....)
- Expérience de RMN. Le corps enseignant (surtout ALD) de la prépa Agreg est plutôt intéressé par ce type d'expérience pour étudier les milieux magnétiques.

#### Questions :

- Comment expliquez-vous la différence de réponse magnétique entre le diazote et le dioxygène ? -> Les orbitales moléculaires contiennent toutes deux électrons dans le cas du diazote, tandis que pour le O<sub>2</sub>, deux orbitales contiennent un seul électron, son spin total est donc non-nul.
- Comment fonctionne le capteur à effet Hall ? -> On envoie des électrons entre deux plaques et des électrons sont envoyés. Sous l'effet du champ magnétique, ils sont plus attirés vers une plaque. On mesure donc entre les deux plaques une valeur de tension proportionnelle au nombre d'électrons sur la plaque. Ainsi, on peut connaître la valeur du champ B.
- ➔ Remarque importante : pour mesurer avec un tel capteur, il est intéressant de mesurer une première fois le champ B et ensuite, de le retourner et de faire la moyenne des champs mesurés pour enlever une erreur due à un mauvais étalonnage du capteur.

#### Remarques :

- La magnétostriction est à détailler davantage. Peut-être rechercher à expliciter un peu plus profondément le phénomène (mécanique des milieux continus tout ça, tout ça ?)