

MP 16 : Milieux Magnétiques

①

Ziane IZRI
Clémence TARDY

Bibliographie: Quanta IV, II, I.

Introduction: certains matériaux possèdent des propriétés magnétiques, variant dans leur nature et dans leur intensité.

On rappelle qu'en réponse à une excitation magnétique $\vec{H}$ un milieu magnétique peut présenter une aimantation $\vec{M}$. Le champ magnétique $\vec{B}$ vaut alors $\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$.

Les milieux ^{et linéaires} employés dans la suite sont considérés isotropes. On a donc $\vec{M} = \chi \vec{H}$ où χ est la susceptibilité magnétique du milieu.

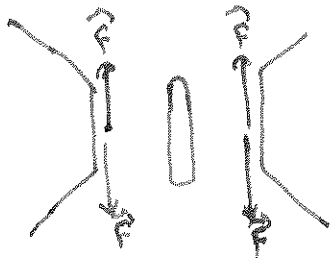
On distingue alors plusieurs magnétismes, parmi lesquels

- le diamagnétisme : $\chi_d < 0$ et $\chi_d \approx -10^{-5}$
- le paramagnétisme : $\chi_p > 0$ et $\chi_p \approx 10^{-5}$
- le ferromagnétisme : $\chi_f > 0$ et $\chi_f \gg \chi_d, \chi_m$.

I/ Milieux dia- et para-magnétiques.

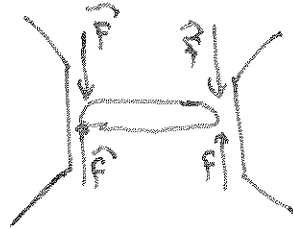
1/ Mise en évidence qualitative

$$\vec{F} = (\chi \cdot \text{grad}) \vec{B} = \chi \cdot \text{grad}(B^2) \quad (\text{milieu homogène})$$



Bismuth (dia)
 $\chi_d < 0$

on peut se servir d'une flexcom.

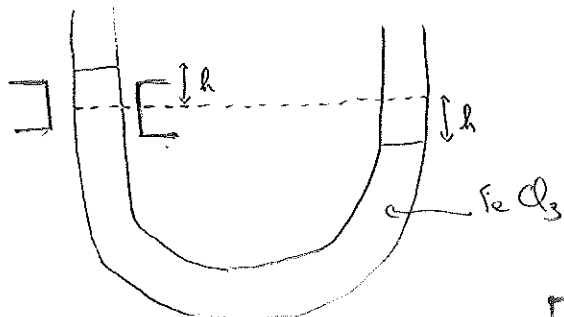


Aluminium (para) + pièces polaires tronconiques pour augmenter le gradient de B .

⚠ utiliser un champ B fort, qu'il faut vérifier avec un ampèremètre et un teslamètre.

Le barreau de fer, lui, est attiré par l'aimant.

2/ Mesure de χ_p du $FeCl_3$ (paramagnétique)



$$2\rho g h = \frac{\chi_p B^2}{2\mu_0}$$

$$h = \alpha B^2 \rightarrow \chi_p = 4\rho g \mu_0 \alpha$$

À l'équilibre

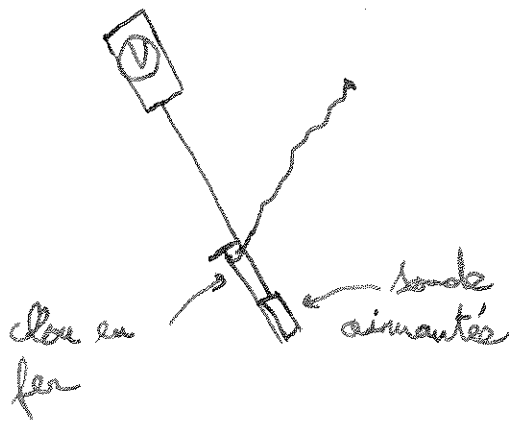
$$\chi = \pm$$

⚠ utiliser des pièces polaires plates pour avoir le champ le plus uniforme possible dans l'entrefer, ce qui facilite la mesure de B .

- utiliser une webcam pour visualiser la variation du niveau.
- comme précédemment, utiliser un champ B assez fort, qu'il faut...

Transition ferro-paramagnétique du fer.

(3)



on utilise un thermocouple de type K,
 $V: f(T)$ étant tabulée

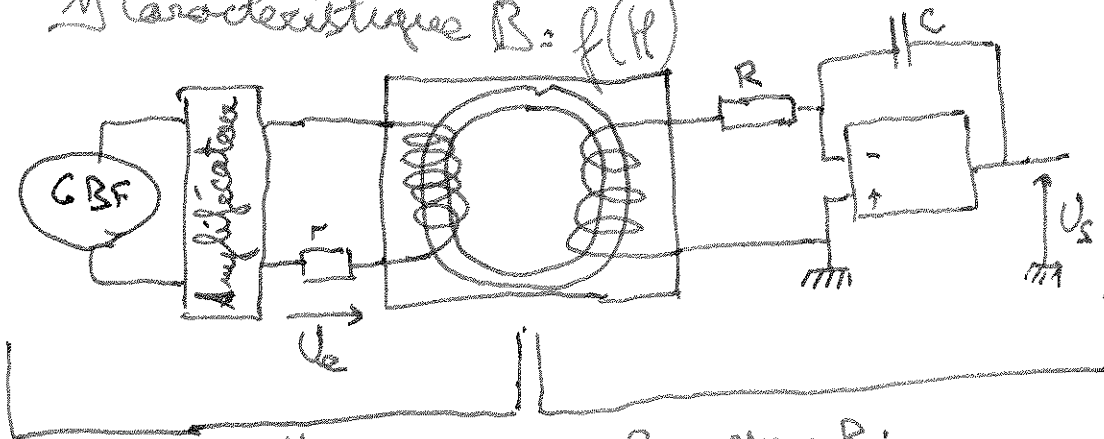
$T < T_c$: fer ferromagnétique, aimanté

$T > T_c$: fer paramagnétique, non aimanté

$$T_c = 770^\circ\text{C}$$

II Matériaux ferromagnétiques.

1) Caractéristiques $B: f(H)$



$$R \leq 100 \text{ k}\Omega$$

$$C \approx 1 \mu\text{F}$$

$$r \approx 1 \Omega$$

$$N_1 = 100 \text{ tours}$$

$$N_2 = 500 \text{ tours}$$

$$l = 12,6 \text{ cm}$$

$$S = 144,16 \text{ cm}^2$$

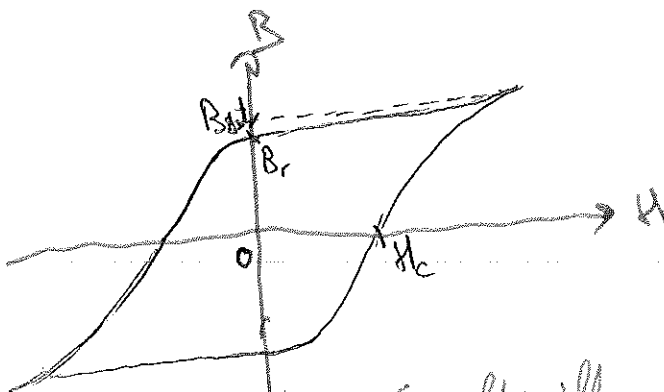
on impose H :

$$H = \frac{N_1}{l} U_e$$

on mesure B :

$$B = \frac{R}{N_2 S} U_2$$

On a alors la caractéristique $B: f(H)$:



cycle observé à l'oscillo.
 en mode XY, puis sur séquenceur pour les mesures.



• utiliser des matériaux doux non conducteurs (ferro): on voit beaucoup mieux le cycle.

• penser à régler l'offset de l'A.O. sinon le cycle dérive verticalement.

• si le cycle n'est pas verticalement centré sur O, court-circuiter le condensateur (annulation de la constante d'intégration)

On peut alors mesurer B_{sat} pour différents matériaux et comparer avec les valeurs indiquées sur les boîtes:

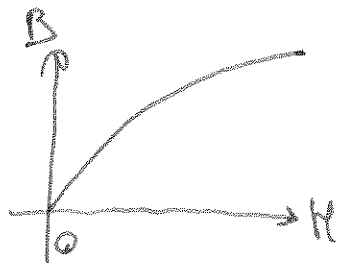
Remarques: pour des matériaux conducteurs, des pertes par courant de Foucault apparaissent, et croissent avec la fréquence
↳ on observe plus difficilement la saturation.

• on peut calculer sous Synchronie l'aire du cycle, correspondant à l'énergie électromagnétique cédée au matériau, énergie "utilisée" pour modifier la magnétisation du matériau. Aucun élément de comparaison cependant.

2) Courbe de première aimantation.

On désaimante le matériau en lui faisant parcourir des cycles de plus en plus petits (changer à la main l'amplitude du signal au GBF)

Une fois désaimanté, on lui fait parcourir la courbe de première aimantation en laissant l'amplitude du signal sinusoidal à 0 mais en augmentant l'offset à la main.



on peut alors, une fois la saturation atteinte, diminuer l'offset et parcourir à nouveau le cycle d'hystérésis et montrer que la courbe de première aimantation n'est pas un

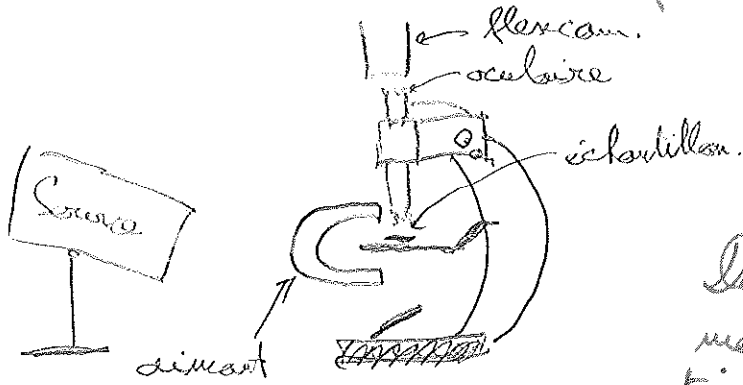
morceau du cycle.

Commentaire: penser à discuter l'intérêt d'avoir un matériau doux/dur (donc B_r grand/petit) pour la conception d'un électroaimant / d'un transformateur.

3) Aspect microscopique : domaines de Weiss.

(5)

On utilise un microscope polarisant.



en plaçant l'aimant autour de l'échantillon, on voit les domaines s'agrandir.

Dans un domaine de Weiss, les moments magnétiques ont tous la même orientation. Si la taille de ces domaines augmente, la magnétisation totale augmente également.

Conclusion: on vient de voir différents aspects du magnétisme des milieux. Ceux-ci interviennent dans différents domaines de recherche, comme la supraconductivité qui est un cas de diamagnétisme parfait (effet Meissner). On vient de voir ici l'un des aspects les plus importants du ferromagnétisme: son application dans la conception d'électroaimants (très utilisés en industrie) et de transformateurs (usage ^{ou} quotidien dans les appareils électriques).

