

MP16 : Milieux magnétiques

Mai 2021

References

[1] <https://media.educ.space/labexpmedias/a7/5a/a75ad874ee68a32a13abbed3aabcf0121c638bb/magnetostriiction.pdf>

Introduction

Manip d'intro : Mise en évidence des comportements paramagnétique et diamagnétique : barreau d'aluminium et de verre dans un entrefer. Le barreau d'aluminium (paramagnétique) s'aligne sur les lignes de champs, comme pour un ferromagnétique (exemple de la boussole), même si l'effet est moins important. Au contraire le barreau de verre (diamagnétique) s'oriente perpendiculairement aux lignes de champs. (Pour bien montrer ces phénomènes on tourne doucement l'aimant et on vérifie que le barreau d'aluminium reste parallèle aux lignes de champ, et que celui de verre reste perpendiculaire, on peut resserrer l'entrefer dans ce dernier cas car l'effet est vraiment faible).

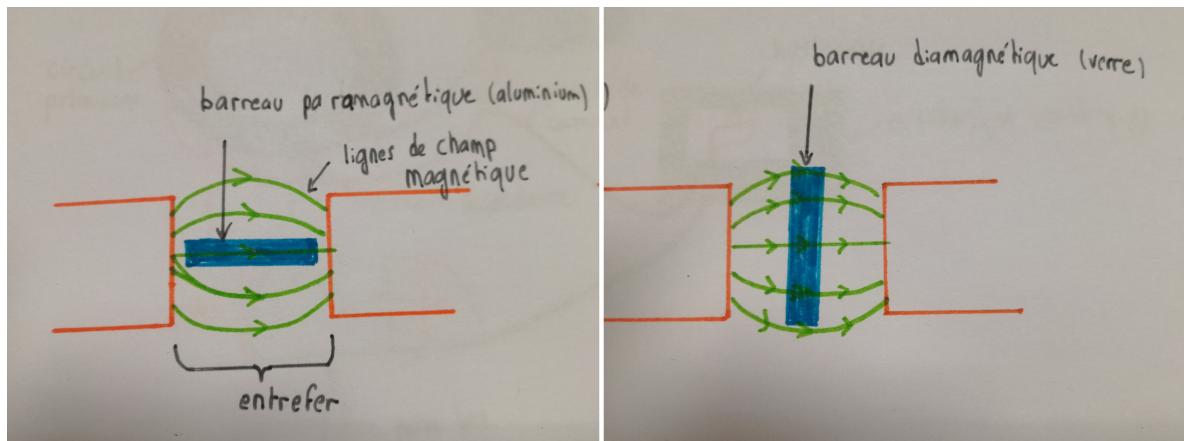


Figure 1: Expérience introductory

1 Tube de Quincke

Liste de matériel

- Tube de Quincke

- Electroaimant
- Teslamètre
- Solution de $MnCl_2$

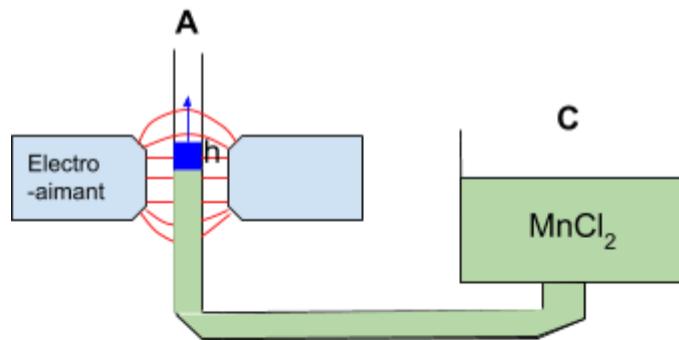


Figure 2: Principe du Tube de Quincke

Protocole : Il faut commencer par se placer à une taille d'entrefer **qu'on ne bouge plus ensuite**.

On peut alors étalonner l'électroaimant : On trace B en fonction de I (on a B avec un Teslamètre).

On positionne ensuite le tube de Quincke en verre dans l'entrefer, on essaye d'avoir le haut de la solution en bas de l'entrefer, le plus au centre possible.

On projette grâce à une lentille l'image de la solution. On mesure ensuite la hauteur de la solution en prenant en compte le grossissement.

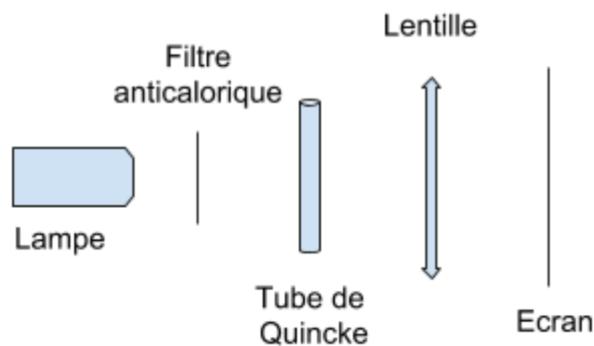


Figure 3: Montage optique pour projeter

On trace h en fonction du champ. On obtient une droite qui nous permet de remonter à la susceptibilité magnétique de la solution.

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

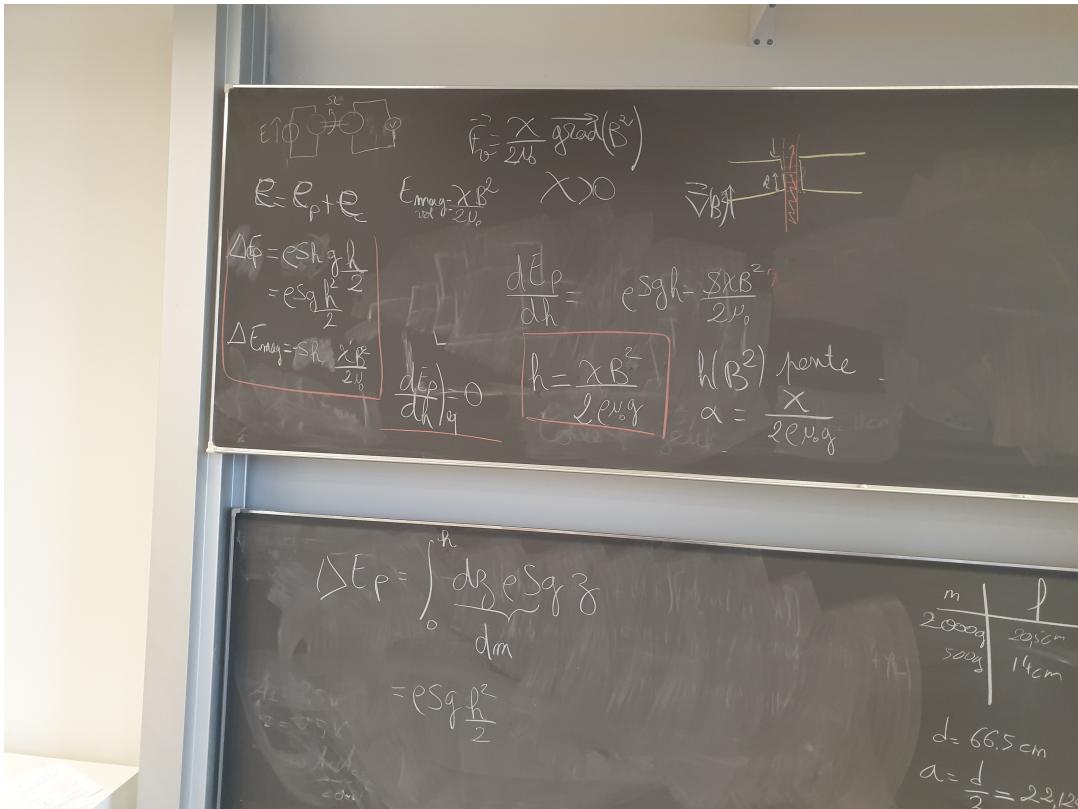


Figure 4: Calcul

On a étudié jusqu'ici des milieux linéaires. On va étudier à présent des milieux ferromagnétiques

2 Transition Ferro-Para

On place l'aimant derrière la vitre de protection. Le temps de chauffer le métal aimanté cela prend bien 5min. On trouve la température de Curie qui est aux alentour de $780^\circ C$. On ne sait pas de quel métal ou quel alliage il s'agit.

En dessous de la température de Curie, le matériau est ferromagnétique. Au-dessus de la température de Curie le matériau est paramagnétique.

Il faut faire attention à la position de l'aimant et à ne pas chauffer trop vite pour que le clou chauffe de manière homogène.

L'aimant a aussi chauffé malgré le bouclier thermique.

3 Etude d'un ferromagnétique dans un transformateur

Liste du matériel :

- autotransformateur
- Oscilloscope

- Transducteur
- Transformateur torrique
- Boîtier RC
- Multimètre
- Wattmètre

Protocole : On prend le transfo torrique.

On alimente, avec un autotransformateur, le primaire à 200 spires (relier les différents bobinages entre eux) et le circuit secondaire à 18 spires. On intègre la tension à la sortie du secondaire avec un circuit passe-bas (boîtier fait pour). Cette tension est image du champ magnétique $B = \frac{u}{2\pi f_c N_2 S}$, on le branche à la voie 2 de l'oscilloscope. $f_c = \frac{1}{2\pi R C}$

Pour avoir l'excitation magnétique H , on relève l'intensité à l'aide d'un transducteur. On a : $H = \frac{N_1 i_1}{2\pi r}$

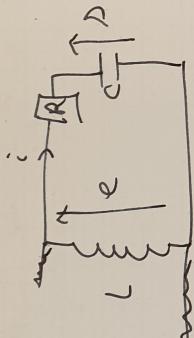
Faire attention l'oscilloscope doit être en mode DC.

On met l'oscilloscope en mode XY. On a alors un cycle d'hystérésis. On voit alors la saturation du champ magnétique. On peut évaluer le champ rémanent (pour $H=0$, c'est à dire pour une excitation nulle). On peut évaluer l'excitation coercitive (pour $B=0$) et le champ magnétique à saturation.

Le matériau est non linéaire.

On mesure ensuite les pertes fer. Pour cela on mesure la puissance d'entrée en mettant le secondaire à vide. On a alors $P = Perte_{fer} + Perte_{Joule}$. On mesure ensuite les pertes joules en alimentant le primaire avec une alimentation continue et en faisant une loi d'ohm en prenant l'intensité et la tension.

Les pertes sont proportionnelles à l'aire du cycle d'hystérésis.



$$e = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(NBS \times S)$$

$$\underline{e} = L \frac{di}{dt}$$

$\frac{1}{j\omega C}$

$$j\omega RC \sim 1,8 \text{ Hz}$$

$$\underline{\Delta} = \frac{j\omega C}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\underline{\Delta}_1 = \frac{1}{1 + Rj\omega C}$$

$$\underline{e} = \underline{\Delta} + \underline{\Delta}_1 j\omega \underline{i}$$

$$\underline{\Delta} = \frac{-1}{1 + Rj\omega C} j\omega \underline{\Phi_B}$$

$$\underline{\Delta} = \frac{-1}{1 + Rj\omega C} j\omega BS N_2$$

$(N_1 R j\omega C)$

$$|\underline{\Delta}| = \boxed{\frac{BS N_2}{2\pi f C}}$$

$\frac{1}{2\pi f C}$

Figure 5: Calcul

$$\text{Mémoire de } H: \quad \vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) ; \quad \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

Mémoire d'Ampeère:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = N_i i$$



$$\begin{aligned} \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} &= N_i i, \\ \text{avec } \vec{H} \cdot d\vec{l} &\approx \ell(\theta) H, \quad \ell(\theta) = 2\pi r_{\text{moy}} \end{aligned}$$

$$\text{Donc } H = \frac{N_i i}{2\pi r_{\text{moy}}}$$

avec i , le courant dans la primaire.
et μ , tension enroulée sur l'oscille selon
l'amplitude utilisée ou fréquence de courant.

Figure 6: Calculs