

MP16 : Milieux magnétiques

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

1 Manip introductive : matériaux paramagnétique et diamagnétique

Matériel :

- barreaux d'aluminium et de verre (boîte Ph.G9.C11)
- potence + noix + tige pour suspendre les barreaux
- autotransformateur + électroaimant

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).

Ces comportements résultent des forces volumiques de Laplace :

$$\vec{F}_L = \frac{\chi}{2\mu_0} \vec{\nabla} B^2$$

2 Mesure d'une susceptibilité magnétique : tube de Quincke [1],[3],[4],[6]

2.1 Principe

Matériel :

- Système de deux seringues reliées par un tuyau
- gros électroaimant à entrefer "cônique" + banc autotransfo/alim de l'électroaimant ENSC 508
- lampe QI + filtre anticalorique + doublet 150 mm + écran de projection
- solution de $MnCl_2$
- teslamètre G9.B.08
- potences, pinces et noix pour accrocher le tube et le teslamètre
- ampèremètre

Suivre le protocole de [5] pour la préparation de la solution de chlorure de manganèse et le calcul du χ_m attendu.

- Alimenter l'entrefer, lire le courant débité à l'ampèremètre. **Ne pas dépasser 2 A.** Ajuster la largeur de l'entrefer de telle sorte que l'on serre le plus possible la grosse seringue, afin d'avoir le champ le plus intense possible, et **ne plus toucher à la largeur de l'entrefer.**
- Enlever la seringue et faire un étalonnage champ B - intensité I pour des valeurs entre 0 et 2 A à l'aide du teslamètre.
- Replacer la grosse seringue dans l'entrefer.
- Projeter sur un écran l'image du tube (lampe + AC en amont, doublet 150 mm et écran en aval). Rajouter le $MnCl_2$ et ajuster au besoin le système.
- Mesurer le grandissement.
- Pour les valeurs de I de l'étalonnage, mesurer l'élévation h associée. En déduire χ par la relation :

$$h = 2\mu_0\rho g\chi B^2$$

2.2 Exploitation

- Détermination de la susceptibilité magnétique χ_m du $MnCl_2$. Se référer à [6] pour les éléments théoriques.

3 Effets non linéaires sur un transformateur : hystérésis et pertes fer

3.1 Principe

Matériel :

- auto transformateur
- transformateur "circulaire"
- oscilloscope
- filtre RC passe-bas de $f_c \simeq 1$ Hz (petite plaquette spéciale hystérésis avec $R = 39$ k Ω et $C = 2,2$ μ F)
- 2 multimètres de précision
- un wattmètre
- alimentation numérique courant/tension

3.1.1 Cycle d'hystérésis

Le but de cette expérience est de retrouver le cycle d'hystérésis caractéristique des matériaux ferromagnétiques (lorsqu'on trace le champ magnétique B en fonction du champ d'excitation H). Pour cela on fait passer un courant alternatif i dans la bobine du primaire (on utilise un autotransformateur pour alimenter le circuit (à 50Hz)) ce qui crée un champ d'excitation H dans le noyau du fer du transformateur.

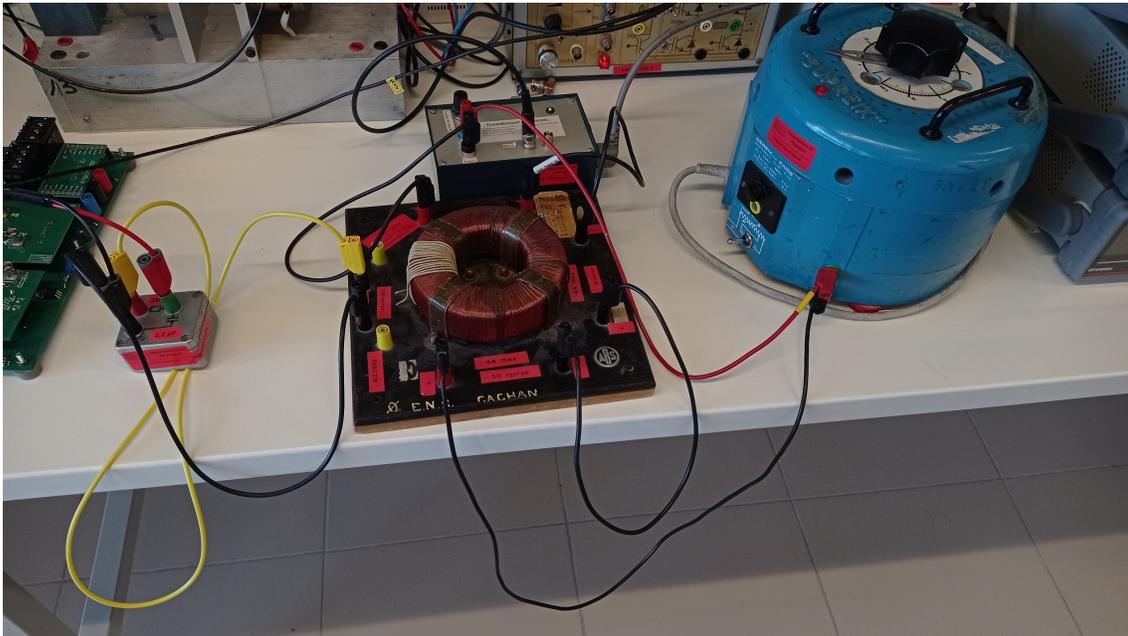
Le courant i est proportionnel à H et on branche donc une sonde de courant le mesurant sur la voie 1 d'un oscilloscope.

Pour avoir une image du champ B on branche la sortie du secondaire sur un filtre passe bas ($f_c = 1$ Hz) qui joue le rôle d'intégrateur et on mesure la tension à la sortie du filtre sur la voie 2 de l'oscilloscope. En effet, par induction on a une fem dans le circuit secondaire proportionnelle à la dérivée du flux du champ magnétique. En intégrant cette tension (filtre RC) on obtient donc une tension proportionnelle au flux $\Phi \simeq BS$. En utilisant l'oscilloscope en mode XY, on affiche alors le cycle d'hystérésis.

3.1.2 Pertes fer du transformateur [2]

On s'intéresse aux pertes fer dans le circuit primaire. Pour ce faire, on détermine dans un premier temps, à vide, la résistance r du primaire en traçant U en fonction de I (à l'aide de deux multimètres). On alimente ici en continu.

Dans un second temps, on alimente directement avec l'autotransformateur ; avec un wattmètre (attention aux branchements) on relève alors les valeurs de U et I .



On trace ensuite les pertes fer comme les pertes totales moins les pertes joule en fonction de U^2 :

$$P_{fer} = UI - rI^2 = f(U^2)$$

3.2 Exploitation

- Mise en évidence du phénomène d'hystérésis
- Calcul des pertes fer dans le circuit primaire du transformateur

3.3 Remarques

- Utiliser le transfo de démo en bobinage de cuivre sur planche. Pas hésiter à connecter les 100 + 50 + 50 spires pour le primaire, et prendre les 18 spires pour le secondaire.
- Éviter les pinces de courant !
- Plutôt utiliser le transducteur de courant sur le primaire qu'on envoie sur le GBF
- Pour le filtre intégrateur, prendre celui tout fait en boîtier
- Si on observe rien du tout, penser à vérifier les fusibles de l'autotransfo (si fusible rapide, peut péter rien qu'au démarrage)

- Une fois l'hysteresis obtenu, on peut mesurer le champ H coercitif à partir duquel le champ B change de côté, le champ B
- Pour la mesure des pertes fer au wattmètre, bien faire attention à noter le calibre (dont dépend l'incertitude) pour chaque mesure.
- La régression linéaire $P_{fer} = f(U^2)$ ne renvoie pas exactement une droite, notamment pour les faibles et les hautes tensions (relation plus empirique qu'autre chose). Faire la régression linéaire sur la zone intermédiaire.

Biblio

- 1 Compte-rendu MP16 de 2018
- 2 Poly de JBD
- 3 Page Wikipedia chlorure de manganèse
- 4 BFR Electromagnétisme 4, chap 6, 3.3 p.134
- 5 Poly Dihya sur le chlorure de manganèse
- 6 Physique expérimentale, Jolidon, EDP Sciences, p.105