

LP n° 46 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques

NIVEAU : LICENCE 3

PRÉREQUIS :

- Magnétisme dans les milieux
- Diamagnétisme, paramagnétisme
- Équation de Maxwell dans un milieu magnétique

PLAN :

1. Aimantation d'un ferromagnétique
2. Cycle d'hystérésis d'un ferromagnétique

3. Ferromagnétiques doux et durs : caractéristiques et utilisations

BIBLIOGRAPHIE :

- [45] C. Kittel, *Physique de l'état solide*.
- [8] *Électromagnétisme 4*, BÉrtin-Faroux-Renault
- [22] Physique PSI/PSI*, nouveau programme

IDÉES À FAIRE PASSER :

Les ferromagnétiques ont des propriétés intéressantes (champ rémanent, aimantation même à champ nul) plus ou moins marquées selon le type de ferromagnétique étudié. Leurs applications sont donc de fait différentes.

Introduction : On a déjà étudié les différents milieux magnétiques naturellement à notre disposition, principalement les dia-, para- et ferromagnétiques. On va dans cette leçon s'intéresser aux différentes nuances de ferromagnétiques, à leur caractéristiques respectives et leurs utilisations propres.

1 Aimantation d'un ferromagnétique

1.1 Courbe de première aimantation

Pour le protocole expérimental de mesure, voir [8], p. 173. Il ne me paraît pas utile d'en parler, mais essentiel de le lire pour les questions - Expliquer qu'on part d'un ferromagnétique sans aimantation et on augmente progressivement H (où $\mu_0 B$ ce qui revient au même en géométrie torique). Présenter la courbe sur [slide](#) et interpréter les zone 1, 2 et 3 [8], p. 174. Commenter la valeur de la perméabilité, qui vaut au moins celle à champ nul (en gros).

1.2 Canalisation des lignes de champ

Présenter l'aspect énergétique comme dans [22], p. 679. Évoquer (ou garder pour les questions) l'aspect réfraction des lignes de champ à l'interface. Conclure quant à la canalisation des lignes de champ dans le milieu.

1.3 Interprétation en domaines de Weiss

Voir [8], p. 176-179 et [22], p. 675-676. Selon le temps on peut éventuellement discuter des phénomènes en équilibre dans les barrières entre domaines, et de la taille typique desdits domaines.

Transition : On vient de voir comment l'aimantation réagit à une augmentation du champ magnétique. Comment réagit-elle ensuite si ce champ est modifié, typiquement diminué puis augmenté à nouveau?

2 Cycle d'hystérésis d'un ferromagnétique

2.1 Mise en évidence du cycle d'hystérésis

Faire l'expérience du transformateur démontable (MP16). On veut juste voir le cycle ici, pas forcément faire les mesures (on peut s'y pencher si on a le temps en préparation, notamment pour anticiper les questions qui viendront probablement sur le lien entre les tensions vues à l'oscilloscope et les champs!).

2.2 Grandeurs caractéristiques du cycle d'hystérésis

Dessiner le cycle et nommer les différents points d'intérêt. Proposer des interprétations physiques pour chacun. Voir [22], p. 672 et [8], p. 181 et 185-186.

2.3 Pertes énergétiques par hystérésis

Remonter au fait que l'énergie perdue sur un cycle correspond à l'aire du cycle d'hystérésis. Le calcul est mené dans [22], p. 682 et dans [8], p. 187-189.

Transition : On voit donc que le comportement du milieu étudié dépend de la forme de son cycle, notamment l'énergie perdue lors du parcours du cycle, et l'aimantation rémanente lorsque $H = 0$. On distingue donc deux types de ferromagnétiques, les doux et les durs, chacun ayant leur propre type d'application.

3 Ferromagnétiques doux et durs : caractéristiques et utilisations

3.1 Les ferromagnétiques doux

Voir [8], p. 182 pour des exemples d'application et des valeurs.

3.2 Les ferromagnétiques durs

Voir [8], p. 183 pour des exemples et des valeurs. Voir l'application aux aimants permanents, dans [33], chap. 15, notamment l'application aux moteurs à courant continu, aux nouvelles motricité urbaine (il faudrait trouver des valeurs d'aimantation dans les moteurs de trottinette ou de vélo électrique).

3.3 Application au disque dur

[33], p. 302 - Présenter le fonctionnement de l'enregistrement longitudinal PWP, et parler de l'enregistrement numérique (qui est plus simple et dont on se sert aujourd'hui). Ouvrir sur l'enregistrement perpendiculaire pour pallier la limite inférieure de la distance d et donc de la capacité de la mémoire. Voir cette vidéo pour quelques infos sur les évolutions technologiques.

Conclusion : Au niveau microscopique, c'est l'intensité de l'interaction d'échange qui fait la différence entre les ferromagnétique doux ou durs (je crois...). Au niveau macroscopique leur différence est flagrante et définit deux grands domaines d'application :