

LP46 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques

Leçon qui ne s'improvise pas : il y a beaucoup de choses à savoir et à avoir lu, sur le magnétisme de manière générale, avant de se lancer.

Dans ce compte rendu, je n'ai pas détaillé tout ce que j'ai raconté ainsi que tous les calculs, j'ai mis ce qui me paraît utile de savoir donc surtout des commentaires, si vous voulez plus de détails, n'hésitez pas à me contacter : mathias.pierre25@gmail.com

Niveau : L2

Prérequis : Equation de Maxwell dans le vide et les milieux – Induction – Electronique de base (filtres)

Références :

- 1-Bertin Farroux Renault (BFR) « Electromagnétisme 4 » : indispensable, la leçon tourne autour de ce livre
- 2-Pérez « Electromagnétisme » : classique, pas mal de choses sont faites, en complément du BFR
- 3- « La Physique par les objets quotidiens » C.Ray et J-C.Poizat : utile pour l'application disque dur
- 4- « Magnétisme II Matériaux et applications » Etienne du Trémolet de Lacheisserie : beaucoup de détails (un peu trop peut être)

Plan que j'ai suivi lors de ma présentation:

Expérience introductive : Mise en évidence de 2 types de matériaux : un seul des 2 garde une aimantation après avoir été plongé dans le champ magnétique d'une bobine

I)Caractérisation des matériaux ferromagnétiques

1. **Rappels sur le magnétisme**

Définition des vecteurs M,H : insister sur le rôle de H et son intérêt

2. **Susceptibilité et perméabilité magnétique**

Définition : tout est fait très bien fait dans le BFR

3. **Notion de réluctance – Analogie avec un circuit électrique**

Voir ref -3-

II)Aimantation d'un corps ferromagnétique (ref -1-)

1. **Approche expérimentale**

Expérience : Montrer l'hystérésis de B en fonction de H à l'oscillo

2. **Cycle d'hystérésis**

Description de la courbe avec définition des champs rémanent, coercitif, aimantation de saturation

3. **Courbe de première aimantation et domaine de Weiss**

Expliquer la courbe de première aimantation et parlant des domaines de Weiss et du déplacement des parois de Bloch

4. **Calcul des pertes par hystérésis**

Calcul classique, fait dans ref -1- et -2-

5. **Désaimantation et influence de la température**

Parler de la température de Curie et de la possibilité de désaimanter en parcourant un hystérésis « décroissant »

Ne pas se tromper dans la formule de a température de Curie ou le jury sera pas content

III) Applications

Pour les applications, les calculs sont tirés de la biblio :

1. Aimant permanent (ref -4-)
2. Transformateur (ref -2-)
3. Electroaimant (ref -2-)
4. Disque dur (ref -3-)
5. Paléomagnétisme (ref -4-)

Questions du correcteur :

- Quelles sont les propriétés magnétiques des supraconducteurs ? : Diamagnétiques parfait avec une susceptibilité de -1 donc pas de champ magnétique dans les supra : Effet Meisner et lévitation de supra au dessus d'un aimant.
- Origine microscopique du ferromagnétisme ? : Interaction entre spins, intégrale d'échange => Modèle d'Ising
- Comment fonctionne un haut parleur ? : Aimant permanent cylindrique entouré par une bobine reliée à une membrane : lorsqu'on envoie du courant dans la bobine, un champ est créé et la bobine est donc repoussée par l'aimant, la membrane va donc se déplacer et créer une surpression. En modulant le courant injecté dans la bobine on peut créer des surpression « sur demande » et donc créer du son. (Principe inverse d'un microphone)
- Qu'est ce que le ferrimagnétisme ? 2 éléments différents d'un même composé sont favorisés énergétiquement par des spins up pour l'un et down pour l'autre. La norme de la résultante des spins d'un élément est plus grande que celle de l'autre, on a donc une aimantation rémanente mais plus faible que pour les ferromagnétiques
- Qu'est ce que l'antiferromagnétisme ? : l'intégrale d'échange favorise des spins voisins alignés mais de direction opposée : aimantation rémanente nulle
- Qu'est ce que l'effet barkhausen ? Variation discontinue de l'aimantation des corps ferromagnétiques du au impuretés présentes dans le matériaux
- Comment voir les domaines de Weiss ? : Envoyer une onde polarisée rectilignement sur une lame mince de ferro. En utilisant l'effet Faraday (rotation de la polarisation d'une onde E-M en présence de champ magnétique) et en plaçant un analyseur après la lame mince puis un microscope, on peut observer les domaines de Weiss

Remarques du correcteur :

- Applications traitées trop vite (gros manque de temps)
- Partie sur la réluctance pas ouf (d'accord avec lui)
- Pas trop d'accord avec le plan (mais ce plan est conseillé par Jean et un plan à peu près similaire a été testé l'année dernière à l'agreg avec franc succès donc le correcteur à tort à mon avis)

Remarques personnelles : Leçon bien trop longue, le cœur de la leçon est le II, ne pas hésiter à passer un peu de temps mais à bien faire passer le message, le I n'est pas indispensable, en particulier la partie sur la réluctance. L'expérience de l'hystérésis est indispensable à mon avis.

Il ne faut pas passer vaguement sur les applications, mieux faut en faire une correctement, mais je pense que l'idée du disque dur et le paléomagnétisme sont à garder : pour optimiser le mieux serait de raccourcir le I en ne laissant que les définitions des susceptibilité/perméabilité, de prévoir une application en plus du disque dur et du paléomagnétisme et éventuellement prévoir une application de

plus au cas où il resterait du temps (mais il n'en restera probablement pas).

D'après plusieurs personnes et le jury des années précédentes : essayer de jouer sur le côté fascinant du magnétisme.

Notions qu'il faut maîtriser pour cette leçon :

- Electromagnétisme : Maxwell dans la matière, induction
- Ferromagnétisme bien sûr
- Paramagnétisme
- Diamagnétisme
- Antiferromagnétisme
- Ferrimagnétisme

Notions qu'il faut connaître pour cette leçon ainsi que des ordres de grandeur associés (pas indispensable mais les questions risquent de dériver dessus) :

- Modèle d'Ising
- Supraconductivité
- Magnéto-résistance géante