

T.P. sur l'hysteresis magnétique

1. Les différents types de comportement de la matière

1) Le diamagnétisme

Dans le cas des matériaux diamagnétiques, la magnétisation \vec{M} est une fonction linéaire de \vec{H} , avec $\chi_m < 0$ appliquée dans $\vec{M} = \chi_m \vec{H}$. Le diamagnétisme est lié au fait que les orbites électroniques agissent chacune comme des petites spires de courant. Il en résulte que tous les corps exhibent du diamagnétisme, pouvant être marqué d'ailleurs par la présence de moments magnétiques permanents. Le diamagnétisme est un phénomène indépendant de la température.

2) Le paramagnétisme

Certains atomes et certains ions (oxygène, air, sels de fer, etc.) possèdent un moment magnétique propre. En l'absence de champ $\mu_0 \vec{H}$ extérieur, ceux-ci sont orientés au hasard, et de ce fait ne produisent pas de magnétisation macroscopiquement observable. Mais l'application d'un champ magnétique extérieur aura pour effet d'orienter ces moments magnétiques dans sa propre direction, faisant apparaître ainsi un moment magnétique macroscopique \vec{M} non nul. Cette orientation préférentielle cesse avec la disparition de \vec{H} , sous l'effet de l'agitation thermique du milieu. Dans le cas où il n'y a pas d'interaction entre les différents moments magnétiques individuels, l'effet est appelé paramagnétisme et $\chi_m > 0$. Dans les cas usuels, \vec{B} est une fonction linéaire de \vec{H} . Le paramagnétisme dépend de la température.

3) Le ferromagnétisme

S'il existe un fort couplage entre les moments magnétiques individuels qui sont orientés localement dans une même direction, l'agitation thermique demeure impuissante à détruire cet alignement au-dessous d'une certaine température (température de Curie). Ce phénomène, appelé ferromagnétisme, s'observe à l'échelle macroscopique par la présence de domaines appelés domaines de Weiss, à l'intérieur desquels tous les moments sont orientés dans la même direction. Au sein d'une matière ferromagnétique n'ayant pas subi préalablement l'influence d'un champ magnétique $\mu_0 \vec{H}$ extérieur non nul, ces domaines s'orientent dans la direction du champ $\mu_0 \vec{H}$ et développent ainsi une forte magnétisation macroscopique \vec{M} . Le **ferromagnétisme** dépend de la température et de l'état ferromagnétique d'une substance dépend de son histoire (champs appliqués antérieurement, traitements thermodynamiques, etc.). Les principaux corps ferromagnétiques sont le fer, le cobalt et le nickel.

2. Les matériaux utilisés dans les mémoires magnétiques, les transformateurs et les aimants permanents

On étudie le comportement de matériau magnétique constitué de dipôles magnétiques influencés par un champ extérieur. Un certain nombre de matériau présentent une forte aimantation \vec{M} . Les matériaux **ferromagnétiques** sont de ceux-là.

Exemples de corps simples : Fe, Ni, Co, de corps composés : CrO_2 , d'alliages : $AlNiCo$, $TiCoNa\ell$. Ils ont un comportement analogue aux matériaux paramagnétiques : leur aimantation induite \vec{M} tend à s'aligner dans le même sens que l'excitation \vec{H} pour donner un champ magnétique \vec{B} supérieur à celui qu'on obtiendrait dans le vide.

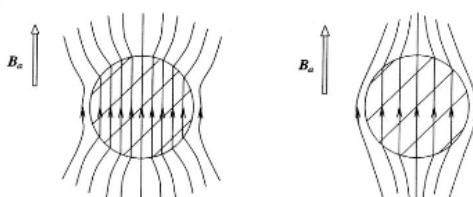
Il existe d'autres types de milieux magnétiques : antiferromagnétiques, ferrimagnétiques, etc.

Le physicien français **Louis Néel** a obtenu le prix Nobel de Physique pour ses études dans ce domaine (1970). Il a été à l'origine du développement de la physique à Grenoble (pour en savoir plus : <http://alumni.grenoble-inp.fr/wp-content/uploads/2011/05/Article-Louis-N%C3%A9el.pdf>)

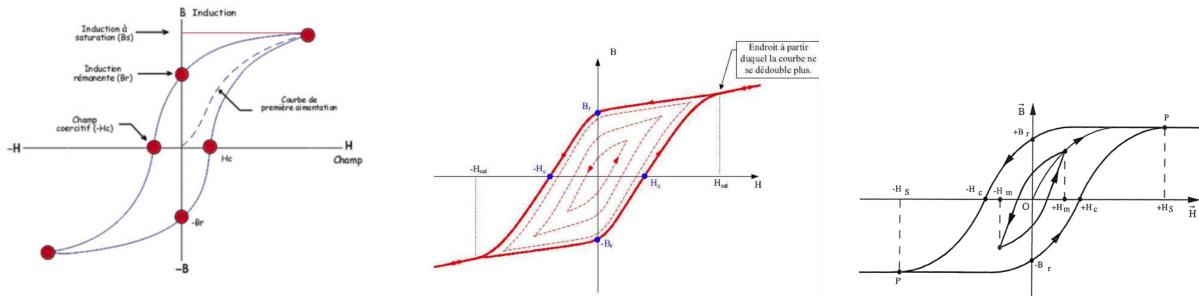
Le cas du **Ferrimagnétisme** : pour les transformateurs haute fréquence, les pertes par courants de Foucault, proportionnelles au carré de la fréquence sont prépondérantes : on utilise alors des ferrites car ils sont isolants. Les ferrites sont des composés de formule MO, Fe_2O_3 , où M est un métal divalent (Mg, Fe, Co...). Ce ne sont pas des ferromagnétiques mais des ferrimagnétiques : les propriétés macroscopiques sont voisines et leurs cycles d'hystérésis sont pratiquement carrés, c'est pourquoi ils ont longtemps été utilisés comme bistables dans les mémoires d'ordinateurs.

3. Comportement des lignes de champ

Expliquer les tracés suivants.



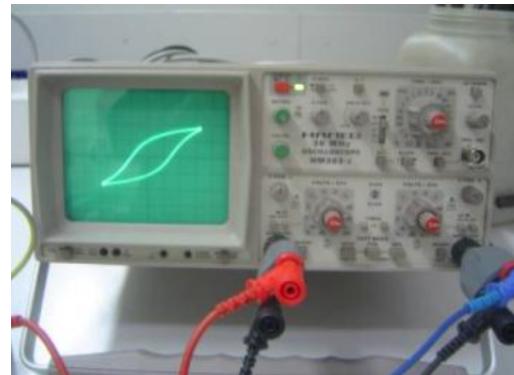
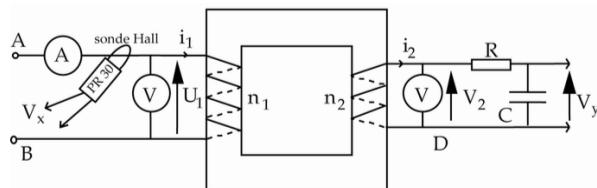
4. Cycle d'hysteresis



Expliquer les différents schémas

5. Tracé expérimental

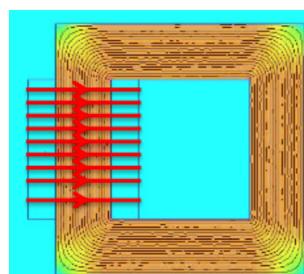
On considère le schéma de principe suivant. Expliquer comment on peut ainsi obtenir sur l'écran de l'oscilloscope le tracé de l'allure B en fonction de H .



6. Différents cas étudiés

6. 1 cas d'un tore

6. 2 cas d'un transformateur démontable



6. 3 cas de la création d'un entrefer

