

Programme de colles de Physique

Compétences exigibles : (attention, il y a 2 pages)

Aspect expérimental :

Tracer le cycle d'hystérésis d'un milieu ferromagnétique.

Electromagnétisme en régime statique : le champ magnétique

- Notion de champ magnétique et caractère axial de celui-ci.
- Distribution volumique et linéique de courants (surfacique hors-programme).
- Equations de Maxwell-Ampère et Maxwell-Thomson dans le cadre de la magnétostatique.
- Propriété topographique du champ magnétique : flux conservatif.
- Théorème d'Ampère dans le cas d'une distribution linéique de courant puis volumique. Démonstration.
- Symétries et antisymétries d'une distribution de courants ; antisymétries et symétries du champ magnétostatique.
- Méthode pour le calcul d'un champ magnétique créé par une distribution de courant à symétrie élevée.
- Champ magnétique créé par un fil infini, par un cylindre circulaire infini (parcouru par une densité de courant uniforme), par un solénoïde infini (en admettant que le champ est nul à l'extérieur), par une bobine torique à section rectangulaire.
- Force de Laplace exercée sur une distribution volumique de courant ou sur une portion de conducteur filiforme.

Electromagnétisme dans l'ARQS

- Vérifier que le terme de courant de déplacement permet d'assurer la compatibilité des équations de Maxwell avec la conservation de la charge.
- ARQS « magnétique » : simplifier les équations de Maxwell et l'équation de conservation de la charge dans l'ARQS en admettant que les courants de déplacement sont négligeables. Etendre le domaine de validité des expressions des champs magnétiques obtenues en régime stationnaire.
- Induction : relier la circulation de $\vec{E}$ à la dérivée temporelle du flux magnétique, faire qualitativement le lien avec la loi de Faraday vue en première année.
- Courants de Foucault : dans le cas d'un conducteur cylindrique soumis à un champ magnétique parallèle à son axe, uniforme et oscillant, décrire la géométrie des courants de Foucault, exprimer la puissance dissipée par effet Joule en négligeant le champ créé par les courants de Foucault devant le champ appliqué. Expliquer l'intérêt du feuilletage pour minimiser les courants de Foucault.
- Energie magnétique : exprimer l'énergie magnétique d'une bobine seule ou de deux bobines couplées en fonction des coefficients d'inductance et des intensités. Citer l'expression de la densité volumique d'énergie magnétique. La retrouver dans le cas de la bobine dont on néglige les effets de bord, à partir de la relation $\mathcal{E}_m = 1/2 LI^2$. Exploiter la continuité temporelle du flux magnétique.
- Couplage partiel ou total : dans le cas de deux bobines couplées, établir l'inégalité $M^2 \leq L_1 L_2$.

Milieux ferromagnétiques

- A partir d'une formule fournie exprimant le champ d'un dipôle magnétique, décrire le champ créé par un aimant à grande distance et représenter qualitativement les lignes de champ magnétique.
- Actions subies par un dipôle magnétique dans un champ extérieur : utiliser les expressions **fournies** de l'énergie potentielle, de la résultante et du moment. Décrire qualitativement l'évolution d'un dipôle magnétique dans un champ extérieur. Citer l'ordre de grandeur du champ géomagnétique en France.
- Définir le champ d'aimantation $\vec{M}$ d'un milieu magnétique.
- Associer à une distribution d'aimantation une densité de courants « liés » (ou « d'aimantation ») équivalente $\vec{j}_{lié}$ (ou $\vec{j}_m$), avec $\vec{j}_{lié} = \vec{rot} \vec{M}$ (relation admise).
- Définir l'excitation magnétique $\vec{H}$ en la reliant à $\vec{B}$ et $\vec{M}$, et écrire l'équation de Maxwell-Ampère dans un milieu magnétique dans l'ARQS. En déduire qualitativement que les sources de $\vec{H}$ sont les courants électriques libres et que les sources de $\vec{B}$ sont à la fois les courants électriques libres et l'aimantation.
- Représenter l'allure des cycles d'hystérésis (H,M) et (H,B) d'un milieu ferromagnétique. Distinguer milieu dur et milieu doux ; citer des exemples. Modéliser un milieu doux par une relation constitutive linéaire $\vec{B} = \mu \vec{H}$. Définir la perméabilité relative μ_r et donner un ordre de grandeur.
- Etablir l'expression de l'inductance propre d'une bobine à noyau sans entrefer ; vérifier l'expression de l'énergie magnétique $\mathcal{E}_m = \iiint_V \frac{B^2}{2\mu_0 \mu_r} d\tau$.
- Pertes d'une bobine réelle à noyau : exprimer le lien entre l'aire du cycle d'hystérésis et la puissance moyenne absorbée par hystérésis. Décrire les différents termes de perte d'une bobine à noyau : pertes fer par courants de Foucault et par hystérésis, pertes cuivre.

Programme de colles de Physique
--

Transformateur monophasé (cours uniquement)

- Modèle du transformateur idéal : citer les hypothèses de ce modèle ; établir les lois de transformation des tensions et des courants du transformateur idéal, en respectant l'algébrisation associée aux bornes homologues. Relier le transfert instantané et parfait de puissance à une absence de pertes et de stockage de l'énergie électromagnétique.
- Pertes : citer les pertes cuivre, les pertes fer par courants de Foucault et par hystérésis. Décrire des solutions permettant de réduire ces pertes.
- Etablir le transfert d'impédance entre le primaire et le secondaire.
- Expliquer le rôle du transformateur pour l'isolement galvanique.
- Expliquer l'intérêt du transport de l'énergie électrique à haute tension afin de réduire les pertes en ligne.

Conversion électro-magnéto-mécanique : exemple du contacteur électromagnétique (Cours uniquement)

- Exprimer l'énergie magnétique d'un enroulement enlaçant un circuit magnétique présentant un entrefer variable.
- Calculer la force électromagnétique s'exerçant sur une partie mobile en translation selon un axe Oz en appliquant l'expression fournie $F = \left(\frac{\partial \mathcal{E}_{em}}{\partial z} \right)_i$, où $\mathcal{E}_{em}$ représente l'énergie électromagnétique (par exemple limitée à $\mathcal{E}_m$ ou $\mathcal{E}_e$).
- Sur l'exemple du relais, expliquer le fonctionnement d'un contacteur électromagnétique.