

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 électrique

Charges et courant électrique

Densité volumique de charge électrique ρ , densité de charges mobiles ρ_m , vecteur densité de courant électrique $\vec{j}$: passer d'une description microscopique (porteurs de charges, vitesse des porteurs) aux grandeurs mésoscopiques ρ_m et $\vec{j}$. Décrire les différents types de porteurs de charge. Faire la distinction entre charges mobiles et charges fixes. Intensité du courant électrique : écrire l'intensité comme le flux du vecteur densité de courant électrique à travers une surface orientée.

Bilan de charge : établir l'équation locale traduisant la conservation de la charge électrique en coordonnées cartésiennes à une dimension. Citer l'équation locale dans le cas tridimensionnel et en interpréter chacun des termes.

Régime stationnaire : définir une ligne de courant et un tube de courant. Exploiter le caractère conservatif du vecteur densité de courant électrique. Relier cette propriété à la loi des nœuds usuelle en électrocinétique.

Loi d'Ohm locale : relier le vecteur densité de courant au champ électrique dans un conducteur ohmique. Citer l'ordre de grandeur de la conductivité du cuivre.

Modèle de Drüde : en régime stationnaire, établir une expression de la conductivité électrique à l'aide de ce modèle microscopique.

Résistance d'un conducteur cylindrique : établir l'expression de la résistance d'un câble cylindrique parcouru uniformément par un courant parallèle à son axe : $R = \frac{1}{\gamma} \frac{L}{S}$.

Puissance électrique, effet Joule : puissance volumique $\vec{j} \cdot \vec{E}$ cédée aux porteurs de charges mobiles ; cas des milieux ohmiques : établir l'expression de la puissance volumique γE^2 reçue par un conducteur ohmique ; interpréter l'effet Joule.

Condensateur plan

- Décrire qualitativement le phénomène d'influence.
- Exprimer le champ d'un condensateur plan en négligeant les effets de bord. En déduire l'expression de sa capacité.
- Prendre en compte la permittivité de l'isolant dans l'expression de la capacité.
- Citer l'expression de la densité volumique d'énergie électrique. La retrouver à partir de la relation $E_e = \frac{1}{2} C U^2$ dans le cas d'un condensateur plan.

Electromagnétisme en régime statique : le champ magnétique

- Notion de champ magnétique et caractère axial de celui-ci.
- Distribution volumique et linéique de courants (surfactive 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 (parcours 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 $\mathcal{E}_m = 1/2 L i^2$. Exploiter la continuité temporelle du flux magnétique.
- Couplage partiel ou total : dans le cas de deux bobines couplées, établir l'inégalité $M^2 \leq L_1 L_2$.

Programme de colles de Physique

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 $\vec{j}_{lié} = \vec{\nabla} \times \vec{M}$ (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.