

<b>Programme de colles de Physique</b>
--

**Compétences exigibles :**Electromagnétisme en régime statique : le champ magnétiqueElectromagnétisme 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  $\mathcal{E}_m = 1/2 LI^2$ .
- Couplage partiel ou total : dans le cas de deux bobines couplées, établir l'inégalité  $M^2 \leq L_1 L_2$ .
- Révisions personnelles du programme de 1<sup>ère</sup> année sur l'induction.

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  $\vec{j}_{lié} = \text{rot} \vec{M}$  (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  $\mu_r$  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.

Aspect expérimental :

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