

Programme de colles de Physique
--

Compétences exigibles :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 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.

Aspect expérimental :

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

Conversion électro-magnéto-mécanique : exemple du contacteur électromagnétique

- 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.

Machine synchrone

- Structure d'un moteur synchrone à pôles lisses et à excitation séparée : décrire la structure d'un moteur diphasé et bipolaire (rotor, stator, induit, inducteur).
- Champ magnétique dans l'entrefer : pour une machine de perméabilité infinie à entrefer constant, exprimer le champ magnétique dans l'entrefer généré par une spire passant dans deux encoches opposées. Expliquer qualitativement comment obtenir un champ dont la dépendance angulaire est sinusoïdale dans l'entrefer, en associant plusieurs spires décalées.
- Champ glissant statorique : justifier l'existence d'un champ glissant statorique lorsque les deux phases sont alimentées en quadrature (c'est-à-dire déphasées de $\frac{\pi}{2}$).
- Champ glissant rotorique : justifier l'existence d'un champ glissant rotorique associé à la rotation de l'inducteur.
- Energie et couple : exprimer l'énergie magnétique totale stockée dans l'entrefer en fonction de la position angulaire du rotor. Calculer le moment du couple électromagnétique s'exerçant sur le rotor, en exploitant l'expression **fournie** $\Gamma = \frac{\partial \mathcal{E}_m}{\partial \theta}$.
- Condition de synchronisme : justifier la condition de synchronisme entre le champ statorique et le champ rotorique afin d'obtenir un moment moyen de couple non nul. Discuter rapidement de la stabilité du système en fonction du décalage angulaire entre les deux champs glissants. Identifier la difficulté du démarrage d'un moteur synchrone, décrire qualitativement le principe de l'alimentation de la machine à fréquence variable.