

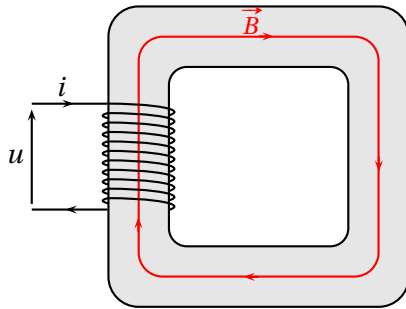
TD cours

Milieux magnétiques

1 — Circuit magnétique sans entrefer

On considère une bobine de N spires, parcourue par un courant d'intensité i , enroulée autour d'un noyau ferromagnétique linéaire de section S constante, de longueur moyenne ℓ et de perméabilité magnétique $\mu_r \gg 1$.

Modèle sans fuite magnétique : on suppose que les lignes de champ magnétique sont canalisées par le matériau ferromagnétique qui se comporte comme un tube de champ magnétique.

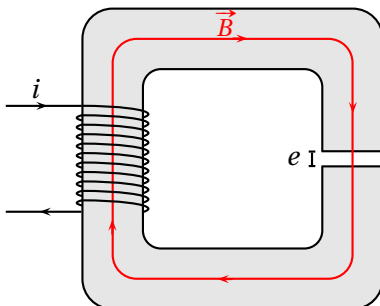


1. Que peut-on dire du champ magnétique dans le noyau de fer?
2. En appliquant le théorème d'Ampère, exprimer l'excitation magnétique dans le noyau de fer. En déduire l'expression du champ magnétique.
3. Rappeler la définition de l'inductance propre L d'un circuit. En déduire l'expression de l'inductance propre de la bobine avec son noyau de fer. Commenter le résultat obtenu.

2 — Circuit magnétique avec entrefer

On reprend la configuration précédente, mais le noyau de fer possède un **entrefer** d'épaisseur $e \ll \ell$, longueur du matériau ferromagnétique.

On admet que les lignes de champ sortent orthogonalement à l'interface dans l'entrefer.



1. Relier B_{fer} et B_{air} , champ magnétique dans le noyau de fer et dans l'entrefer.

2. Écrire le théorème d'Ampère. On notera H_{fer} et H_{air} l'excitation magnétique respectivement dans le noyau de fer et dans l'entrefer.

3. En déduire l'expression du champ magnétique B_{air} dans l'entrefer.

Que devient cette expression si $\mu_r \gg 1$?

Quel est l'intérêt de ce dispositif?

4. Application numérique pour $N = 1000$ spires, $i = 1$ A et $e = 5$ mm.

3 — Énergie magnétique d'un circuit magnétique

On reprend le circuit magnétique du premier exercice, alimenté par un courant $i(t)$ variable.

1. Exprimer la fém induite $e(t)$ dans la bobine. En déduire la tension $u(t)$ aux bornes de la bobine.
2. En déduire la puissance instantanée $p(t)$ reçue par la bobine et fonction de S , ℓ , H et B .
3. Montrer que l'on peut définir une densité volumique d'énergie magnétique w_m , dont on donnera l'expression en fonction de B , μ_0 et μ_r pour un milieu ferromagnétique doux linéaire.
4. On a vu que l'énergie magnétique portée par le champ dans une région du vide de volume $\mathcal{V}$ peut s'écrire

$$\mathcal{E} = \iiint_{\mathcal{V}} \frac{B^2}{2\mu_0} d\tau.$$

Que devient cette expression dans un milieu ferromagnétique linéaire?

5. On considère que le ferromagnétique de volume $\mathcal{V}$ n'est plus linéaire.

La bobine est alimentée par un courant $i(t)$ périodique de période T (et de fréquence f).

À partir du résultat de la question 2, montrer que l'énergie dissipée dans le milieu ferromagnétique pendant une période s'écrit

$$\mathcal{E} = \mathcal{V} \oint_{\text{cycle}} H dB.$$

6. En déduire l'expression de la puissance moyenne dissipée $\mathcal{P}$ en fonction de la fréquence f , du volume $\mathcal{V}$ et d'une caractéristique du cycle d'hystérésis.

Comparer le cas d'un ferromagnétique doux et d'un ferromagnétique dur.