

TD d'électromagnétisme n° 4

Milieux magnétiques

1 — Oscillations d'une boussole

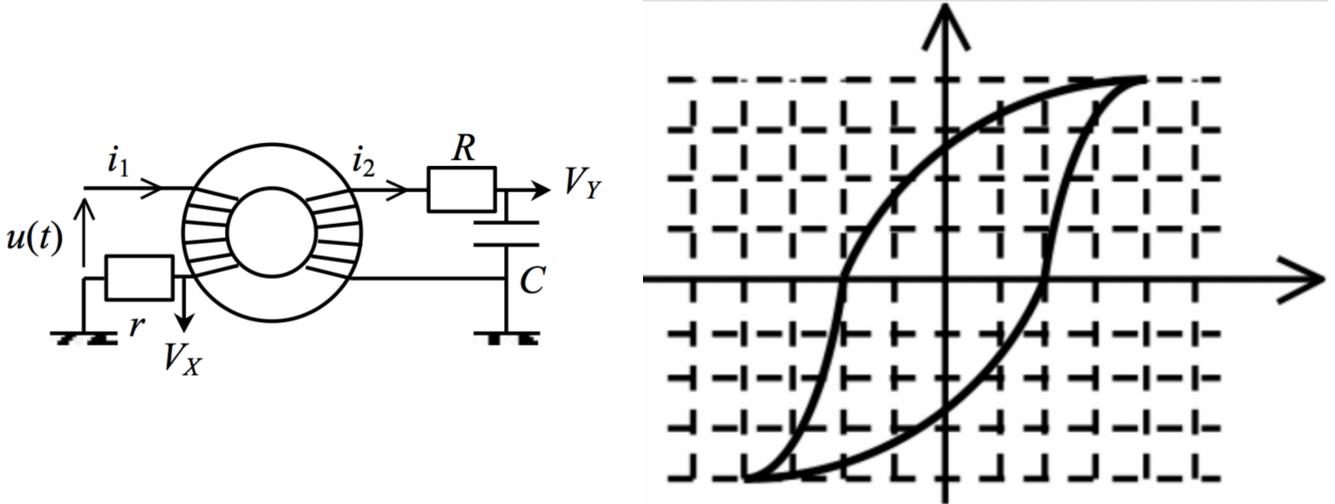
Une boussole est animée de petites oscillations dues à un champ magnétique \vec{B} uniforme et constant, orthogonal à son axe de rotation.

On modifie \vec{B} de telle sorte que la période des oscillations est multipliée par 2. Comment a été modifié \vec{B} ?

2 — Tore ferromagnétique

Pour le montage suivant, on donne la longueur moyenne du tore ferromagnétique $l = 25 \text{ cm}$, la section $s = 5 \text{ cm}^2$ et les nombres de spires au primaire $N_1 = 200$ et au secondaire $N_2 = 1000$. On a $r = 4 \Omega$.

La courbe est visualisée à l'oscilloscope avec les calibres $V_X : 0,5 \text{ V/div}$, $V_Y : 0,2 \text{ V/div}$.



1. Expliquer comment ce montage permet la visualisation du cycle d'hystérésis du matériau sur un oscilloscope.
2. Le signal $u(t)$ est à 50 Hz. On a $R = 50 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \mu\text{F}$. L'intégrateur joue-t-il son rôle? Donner H et B en fonction de V_X et V_Y .
3. Définir et donner les valeurs des champs coercitif et rémanent. Calculer la puissance dissipée dans le tore par unité de volume.

3 — Matériau ferromagnétique

Un échantillon de matériau ferromagnétique suit le cycle d'hystérésis

$$B = (\alpha + \beta H_0)H \pm \beta(H_0^2 - H^2).$$

Expliquer ce qu'est un tel cycle et donner ses points caractéristiques : champs coercitif et rémanent. Discuter du caractère dur ou doux du milieu en fonction des paramètres α , β et H_0 .

4 — Conséquence des relations de passage

On considère deux milieux notés (1) et (2), séparé par une surface ne présentant pas de courants surfaciques.

En notant \vec{B}_1 et \vec{H}_1 le champ magnétique et l'excitation magnétique dans le milieu (1), et \vec{B}_2 et \vec{H}_2 ces mêmes champs dans le milieu (2), on donne les relations de passage vérifiées par les composantes normales et parallèles à la surface de séparation des champs :

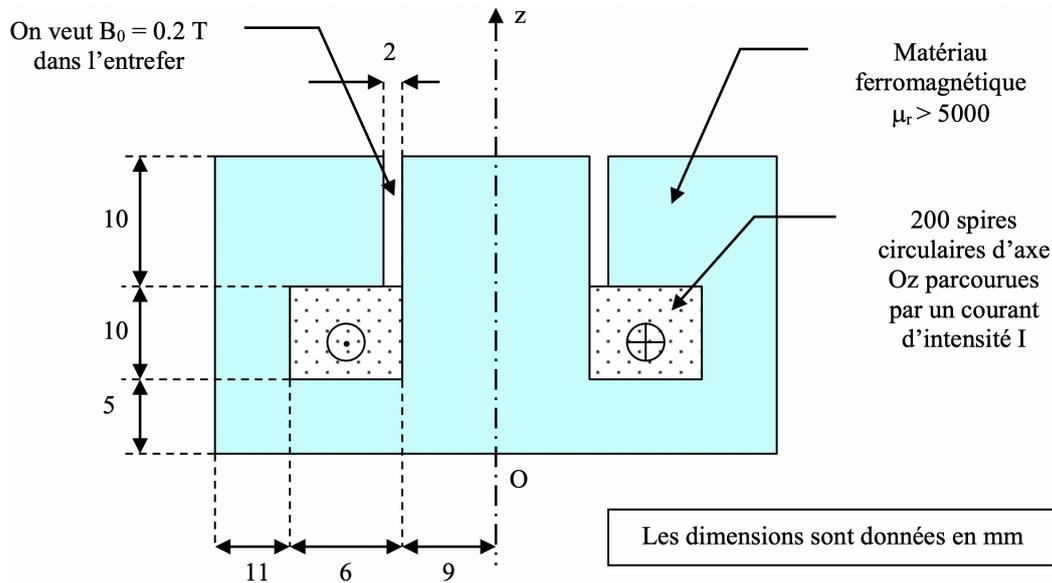
$$\vec{B}_{1,\perp} = \vec{B}_{2,\perp} \quad \text{et} \quad \vec{H}_{1,\parallel} = \vec{H}_{2,\parallel}$$

On se place dans le cas où le milieu (1) est l'air, de perméabilité μ_0 , et le milieu (2) un milieu ferromagnétique doux linéaire de perméabilité relative $\mu_r \gg 1$.

1. Comparer $\vec{B}_{\text{air},\parallel}$ et $\vec{B}_{\text{fer},\parallel}$. En déduire que les lignes de champ magnétique sont canalisées dans le fer.
2. On note α_{fer} et α_{air} les angles que font respectivement \vec{B}_{fer} et \vec{B}_{air} avec la normale à la surface de séparation. Établir la relation entre $\tan \alpha_{\text{fer}}$ et $\tan \alpha_{\text{air}}$. En déduire que les lignes de champ magnétique s'échappent d'un ferromagnétique selon une direction normale à sa surface./

5 — Électroaimant

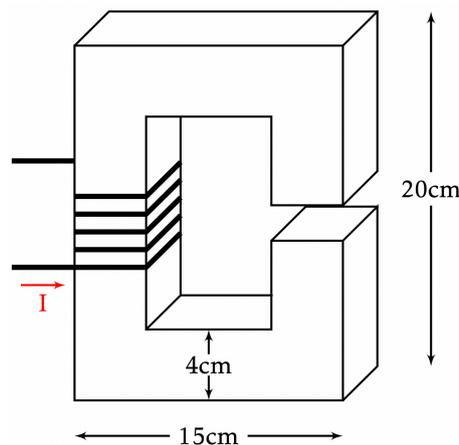
On considère la structure schématisée ci-après : le système est de révolution autour de l'axe Oz ; les dimensions sont données en millimètre. Il existe 200 spires parcourues par un courant d'intensité I . Le vecteur induction magnétique dans l'entrefer est noté B_0 .



1. En utilisant la géométrie du système et les propriétés des matériaux magnétiques proposer une description qualitative des lignes de champ magnétique.
2. Préciser la structure et l'ordre de grandeur du champ B_0 dans l'entrefer annulaire d'épaisseur e de l'électroaimant.
3. Quelle valeur faut-il donner au courant I pour avoir $B_0 = 0,2 \text{ T}$? Commenter cet ordre de grandeur.

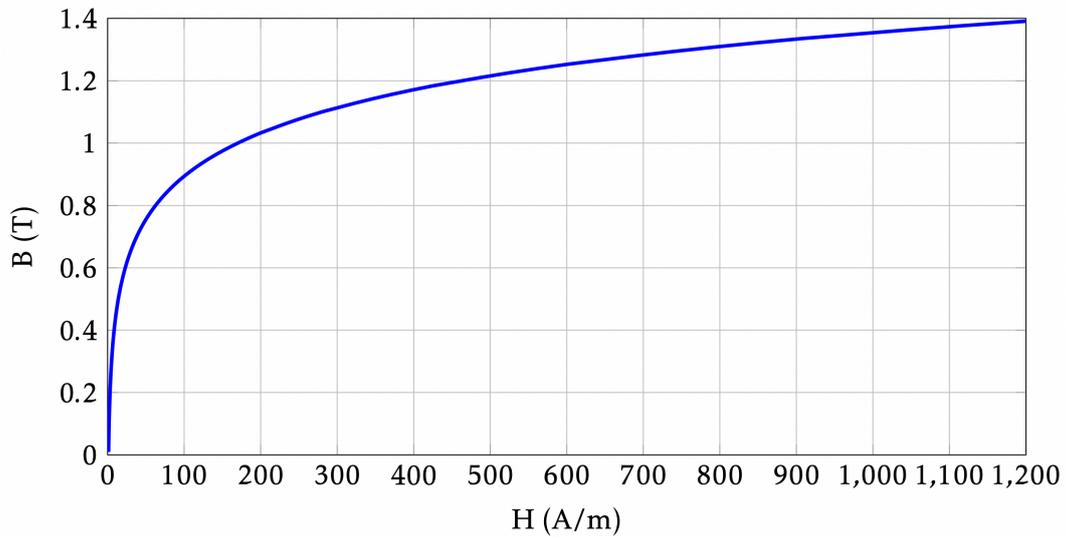
6 — Champ magnétique dans un entrefer

On considère le circuit magnétique représenté ci-dessous. L'entrefer a une épaisseur $e = 0,5 \text{ mm}$. Le circuit a une section carrée $4 \times 4 \text{ cm}^2$.



Le circuit comporte $N = 250$ spires et est parcouru par un courant $I = 2 \text{ A}$.

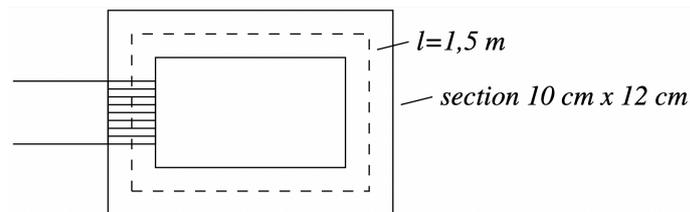
1. On suppose le milieu magnétique linéaire, de perméabilité relative $\mu_r = 2500$. Déterminer le champ magnétique B dans l'entrefer.
2. Le milieu ferromagnétique est en fait non linéaire. On donne sa caractéristique $B(H)$:



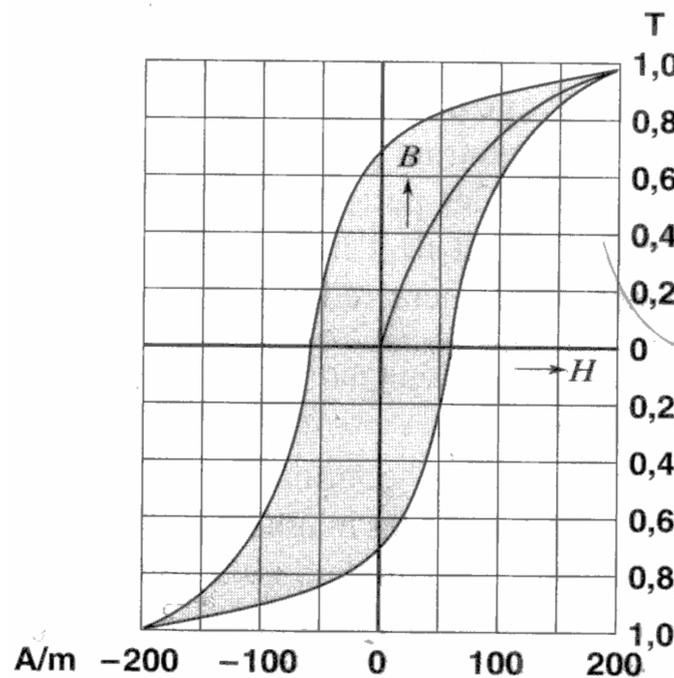
Déterminer le champ magnétique dans l'entrefer.

7 — Puissance dissipée par hystérésis

On applique une tension alternative de fréquence $f = 60 \text{ Hz}$ aux bornes de l'enroulement d'un acier pour relais.



Cet acier possède le cycle d'hystérésis suivant :



Calculer la puissance approximative dissipée par hystérésis.