

## TD d'électromagnétisme n° 4

## Milieux magnétiques

### 1 — Oscillations d'une boussole

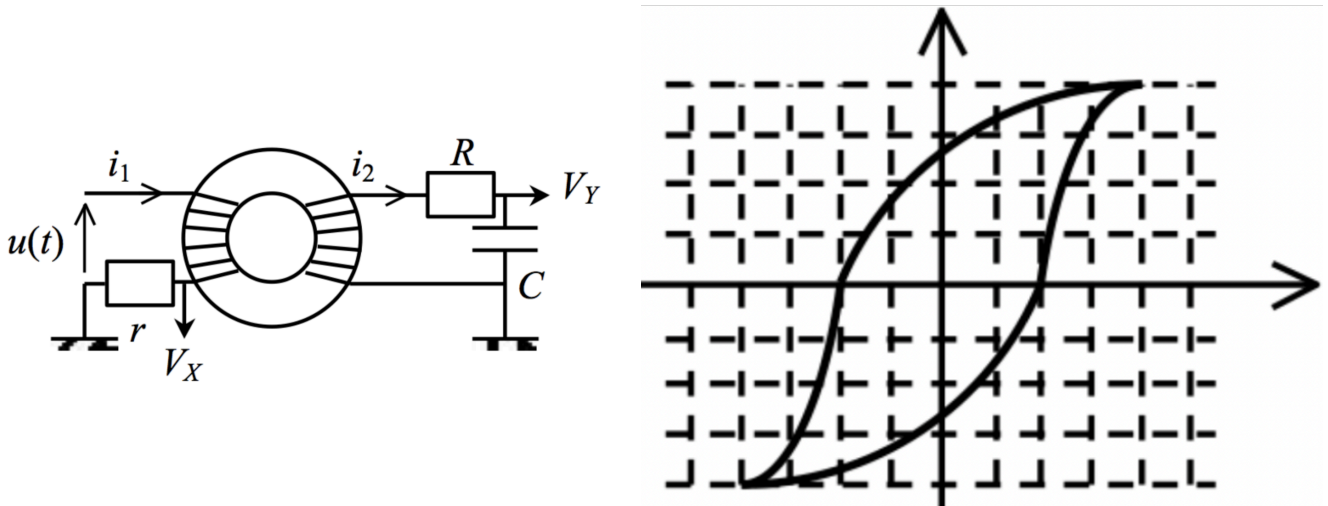
Une boussole est animée de petites oscillations dues à un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme et constant, orthogonal à son axe de rotation.

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  $l = 25$  cm, la section  $s = 5$  cm<sup>2</sup> 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  $V_X : 0,5$  V/div,  $V_Y : 0,2$  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  $R = 50$  k $\Omega$  et  $C = 10$   $\mu$ 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  $\alpha$ ,  $\beta$  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 :

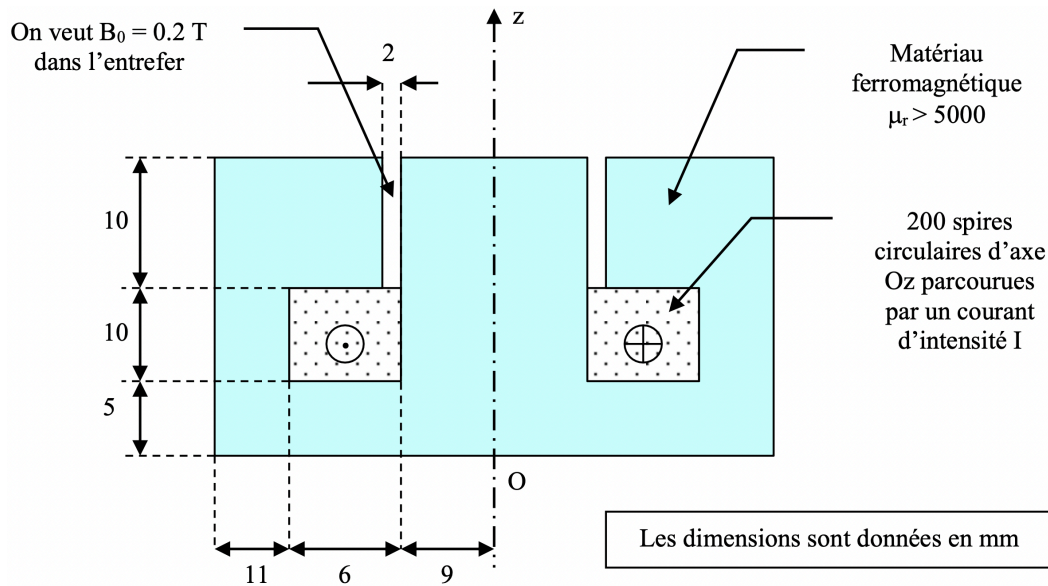
$$\vec{B}_{1,\perp} = \vec{B}_{2,\perp} \quad \text{et} \quad \vec{H}_{1,\parallel} = \vec{H}_{2,\parallel}$$

On se place dans le cas où le milieu (1) est l'air, de perméabilité  $\mu_0$ , 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  $\alpha_{\text{fer}}$  et  $\alpha_{\text{air}}$  les angles que font respectivement  $\vec{B}_{\text{fer}}$  et  $\vec{B}_{\text{air}}$  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

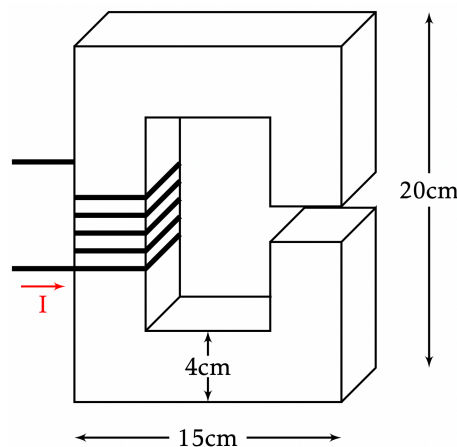
On considère la structure schématisée ci-après : le système est de révolution autour de l'axe  $Oz$ ; les dimensions sont données en millimètre. Il existe 200 spires parcourues par un courant d'intensité  $I$ . Le vecteur induction magnétique dans l'entrefer est noté  $B_0$ .



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.

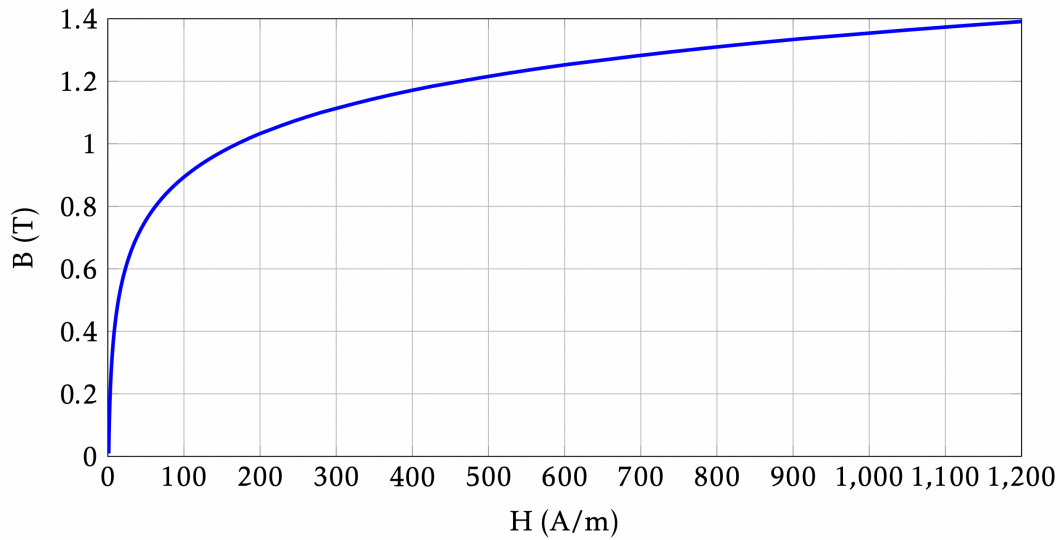
## 6 — Champ magnétique dans un entrefer

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  $I = 2 \text{ A}$ .

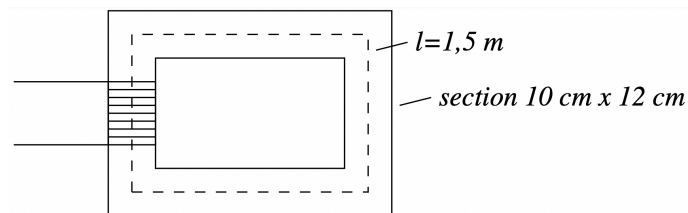
1. On suppose le milieu magnétique linéaire, de perméabilité relative  $\mu_r = 2500$ . Déterminer le champ magnétique  $B$  dans l'entrefer.
2. Le milieu ferromagnétique est en fait non linéaire. On donne sa caractéristique  $B(H)$  :



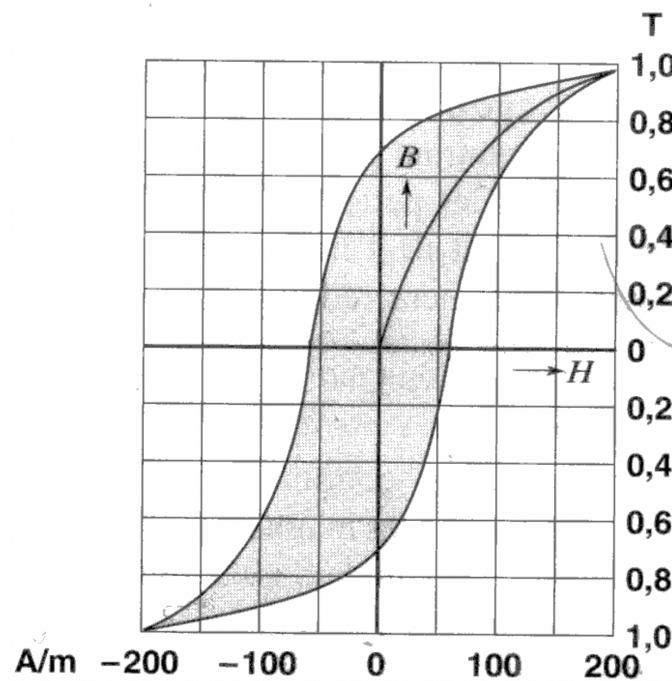
Déterminer le champ magnétique dans l'entrefer.

### 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.