

Calculer une Force

Florian Reinhard
florian.reinhard@epfl.ch

24.09.2013

1 Marche à suivre

1. Est-ce que je peux appliquer Laplace ?
2. Est-ce qu'on connaît la distribution du champ magnétique dans l'entre fer ? -> forme simplifiée du tenseur de Maxwell
3. Le système est-il linéaire ?

$$F_m = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^k \sum_{p=1}^k \frac{dL_{jp}}{dx_m} i_j i_p \quad (1)$$

4. Le système est saturable et ne peut pas être résolu par Maxwell -> calcul de la dérivée de l'énergie dans l'entrefer si possible ou calcul de la dérivée de la coénergie du système complet.

2 Exemple

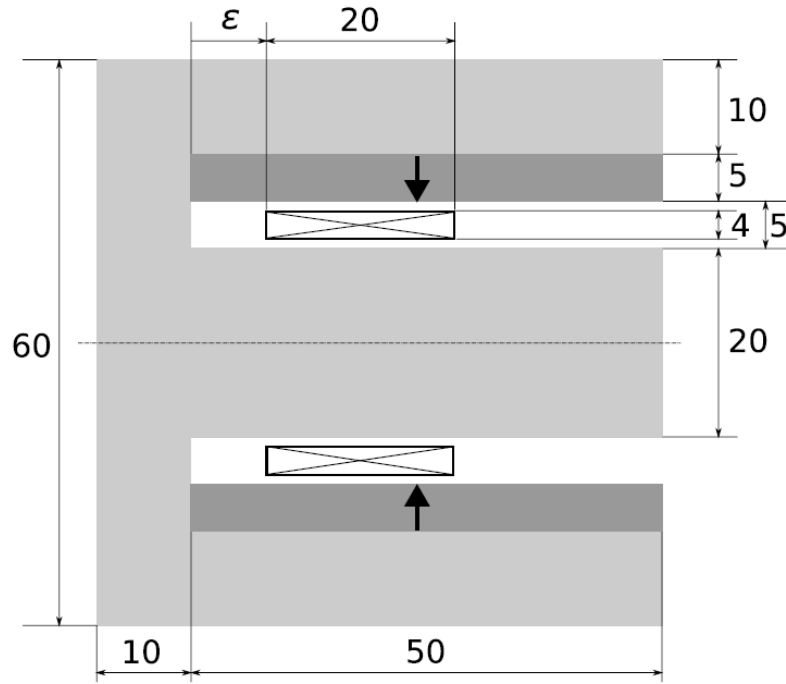


FIGURE 1 – Exemple d'un système électrodynamique.

Hypothèses :

- pas de fuite/franges
- pas de saturation et du fer idéal ($\mu_{fe} = \infty$)
- pas d'effets d'extrémités

2.1 Laplace

Laplace

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \quad (2)$$

Champ dans l'entrefer

$$B_\delta = B_a = B_0 \frac{\Lambda_e}{\Lambda_e + \Lambda_a} \quad (3)$$

$$\Lambda_e = \Lambda_\delta = \frac{\mu_0 A_\delta}{\delta} \quad (4)$$

$$\Lambda_a = \frac{\mu_0 \mu_{dr} A_a}{l_a} \quad (5)$$

- Λ_e : permanence de l'entrefer
- Λ_a : permanence interne de l'aimant
- A_a : surface de l'aimant
- A_δ : surface de l'entrefer
- l_a : longueur de l'aimant
- δ : longueur de l'entrefer

Les permanences Λ_e et Λ_a fonctionnent comme un diviseur de tension (mais avec un champ magnétique) sur B_0 .

$$B_\delta = B_0 \frac{\mu_0 \frac{A_\delta}{\delta}}{\frac{\mu_0 A_\delta}{\delta} + \mu_0 \mu_{dr} \frac{A_a}{l_a}} = B_0 \frac{l_a}{l_a + \mu_{dr} \delta} \quad (6)$$

Finalement

$$F = I \int B_\delta d\vec{l} = I 2N B_\delta h \quad (7)$$

h : profondeur du système

2.2 Maxwell

$$F_\perp = \mu H_n H_t \quad (8)$$

Ne marche pas. I.e. trop difficile à calculer.

2.3 Dérivée de l'énergie (mal adapté à la électrodynamique)

Linéaire, alors :

$$F_x = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_{aa}}{dx} \Theta_a^2 + \frac{d\Lambda_{ab}}{dx} \Theta_a \Theta_b + \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_{bb}}{dx} \Theta_b^2 \quad (9)$$

2.3.1 $\frac{d\Lambda_{aa}}{dx} = ?$ (partie aimant)

$$\Lambda_{aa} = \Lambda_{interne} + \Lambda_\delta = const. \quad (10)$$

$$\frac{d\Lambda_{aa}}{dx} = 0 \quad (11)$$

2.3.2 $\frac{d\Lambda_{bb}}{dx} = ?$

En négligeant les effets d'extrémités (i.e. un système de longueur infini) : $\frac{d\Lambda_{bb}}{dx} = 0$

2.3.3 $\frac{d\Lambda_{ab}}{dx}=?$

$$\Phi_{ab} = \int B_{\delta} ds = B_{\delta} x h 2 \quad (12)$$

$$\Lambda_{ab} = \frac{\Phi_{ab}}{\Theta_a} = \frac{B_{\delta} x h 2}{H_0 l_a} \quad (13)$$

$$\frac{d\Lambda_{ab}}{dx} = \frac{B_{\delta} h 2}{H_0 l_a} = \frac{B_{\delta} h 2}{\Theta_a} \quad (14)$$

$$F_{1spire} = \frac{d\Lambda_{ab}}{dx} \Theta_a \Theta_b = \frac{2B_{\delta} h}{\Theta_a} \Theta_a \Theta_b = 2B_{\delta} h I \quad (15)$$

$$F = N F_{1spire} = I 2 N B_{\delta} h \quad (16)$$