3.11.8 Exercice 8

Soit un électroaimant constitué d'un circuit magnétique déformable et d'une bobine de n spires comme illustré à la figure 3.52.

Lorsqu'un courant circule dans la bobine un flux magnétique circule dans

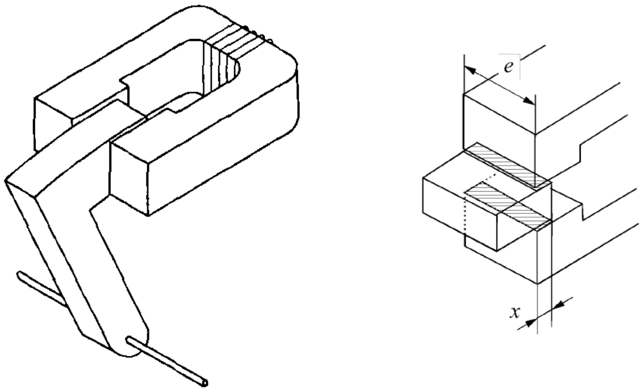

FIGURE 3.52 –

la pièce mobile provoquant une force susceptible de centrer la partie mobile dans l'entrefer afin de minimiser la réluctance du circuit magnétique.

En admettant une perméabilité relative du fer infinie ($\mu_{rfer} = \infty, \Rightarrow H_{fer} = 0$), on peut calculer selon le théorème d'Ampère :

$$\oint_S H\, dl \;=\; H_\delta\, \frac{\delta}{2} \;+\; H_\delta\, \frac{\delta}{2} \;=\; H_\delta\, \delta \;=\; n\, i$$

Le champ d'induction magnétique dans l'entrefer vaut donc :

$$B_\delta \;=\; \mu_0\, H_\delta \;=\; \mu_0\, \frac{n\, i}{\delta}$$

L'épaisseur du circuit magnétique étant e et la longueur de pénétration de la partie mobile x, il est possible d'écrire, en faisant l'hypothèse qu'il n'y

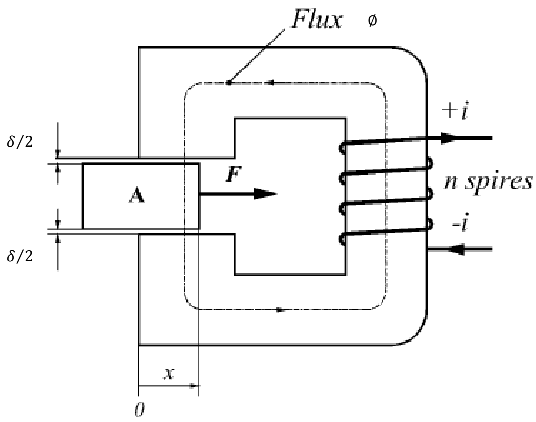

FIGURE 3.53 –

a pas de flux de fuite (tout le flux passe par les entrefers $\delta/2$) :

$$\phi = \phi_\delta = \phi_{fer} = e\, x\, \mu_0\, B_\delta = e\, x\, \mu_0\, \frac{n\, i}{\delta}$$

En supposant une variation ∂x de position de la partie mobile dans l'entrefer, ceci en un temps ∂t , on peut calculer d'une part la variation du flux :

$$\partial\phi = \partial\phi_\delta = \partial\, \phi_{fer} = e\ \mu_0\, \frac{n\, i}{\delta}\, \partial x$$

et d'autre part la tension induite de mouvement provoquée par la vitesse de déplacement :

$$u_i = \frac{\partial\, \psi_{fer}}{\partial t} = n\, \frac{\partial\, \phi_{fer}}{\partial t} = e\ \mu_0\, \frac{n^2\, i}{\delta}\, \frac{\partial x}{\partial t}$$

Le courant circulant dans la bobine est supposé constant, on peut donc déterminer, en faisant l'hypothèse que la résistance de la bobine est nulle, l'énergie électrique que la source doit apporter durant le déplacement :

$$\partial W_{el} = \int_t^{t+\partial t} u_i\, i\, dt = u_i\, i\, \partial t = e\ \mu_0\, \frac{(n\, i)^2}{\delta}\, \partial x = \frac{B_\delta^2}{\mu_0}\, e\, \delta\, \partial x$$

Le travail fourni par la source est converti d'une part en énergie magnétique et d'autre part en énergie mécanique.

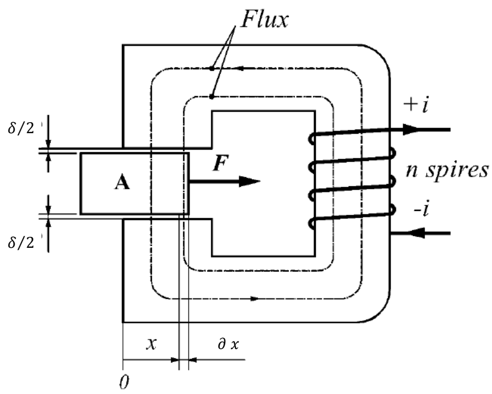

FIGURE 3.54 –

L'augmentation de l'énergie magnétique dans l'entrefer est définie comme :

$$\partial W_m = \int_0^{B_\delta} H_\delta \, dB_\delta \, \partial V = \int_0^{B_\delta} \frac{B_\delta}{\mu_0} dB_\delta \; e \, \delta \, \partial x = \frac{1}{2} \frac{B_\delta^2}{\mu_0} \; e \, \delta \, \partial x$$

En observant bien que l'augmentation de l'énergie magnétique correspond à la moitié de l'énergie électrique apportée par la source. En utilisant le principe de la conservation de l'énergie, on peut affirmer que l'énergie restante est de l'énergie mécanique puisque le système ne comporte aucune perte.

En effet on peut calculer la variation de l'énergie mécanique par la relation :

$$\partial W_{mec} = F \, \partial x = \partial W_{el} - \partial W_m = \frac{1}{2} \frac{B_\delta^2}{\mu_0} \; e \, \delta \, \partial x$$

D'où :

$$F = \frac{\partial W_{mec}}{\partial x} = \frac{1}{2} \frac{B_\delta^2}{\mu_0} \; e \, \delta = \frac{1}{2} \frac{(n \; i)^2}{\delta} \mu_0 \; e$$