

## Conversion Électromécanique II

Corrigé: **Aimant permanent**

### 1) Le schéma magnétique équivalent

Le schéma magnétique équivalent est montré sur la figure.

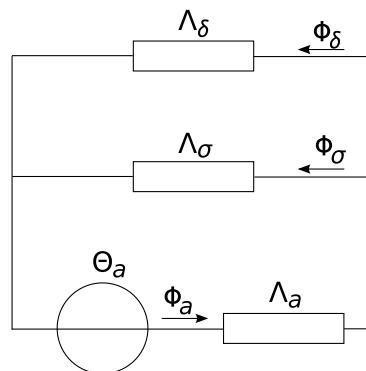


Figure 1: Le schéma magnétique équivalent

L'aimant permanent, caractérisé par la source  $\Theta_a$  et sa perméance interne  $\Lambda_a$ , voit la perméance équivalente  $\Lambda_e$  qui consiste à la mise en parallèle de celle due aux deux entrefers  $\Lambda_\delta$  et de celle de la fuite  $\Lambda_\sigma$  entre deux culasses :

$$\Lambda_e = \Lambda_\delta + \Lambda_\sigma \quad (1)$$

En appliquant les formules pour les perméances, on obtient :

$$\Lambda_\delta = \frac{\mu_0 S_\delta}{2\delta} = \frac{\mu_0 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{2\delta} \quad (2)$$

qui donne  $\Lambda_{\delta 1} = 3.351 \cdot 10^{-8}$  H pour  $\delta = 1.5$  mm, et  $\Lambda_{\delta 2} = 1.005 \cdot 10^{-8}$  H pour  $\delta = 5$  mm, et :

$$\Lambda_\sigma = \frac{\mu_0 S_\sigma}{l_\sigma} = \frac{\mu_0 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot 10^{-3}} = 1.675 \cdot 10^{-8} \text{ H} \quad (3)$$

et en conséquence  $\Lambda_{e1} = 5.026 \cdot 10^{-8}$  H pour  $\delta = 1.5$  mm, et  $\Lambda_{e2} = 2.681 \cdot 10^{-8}$  H pour  $\delta = 5$  mm.

### 2) Caractéristique externe

Selon la formule (3.5) du livre Electromécanique de Jufer, la *caractéristique externe* (le lieu de points de fonctionnement correspondant au circuit externe) dans le plan

$B - H$  est donnée par :

$$\frac{B_a}{H_a} = -\Lambda_e \frac{l_a}{S_a} = -K = -\Lambda_e \frac{12 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-3}} \quad (4)$$

qui donne  $K_1 = 4.308 \cdot 10^{-6}$  H/m pour  $\delta = 1.5$  mm, et  $K_2 = 2.298 \cdot 10^{-6}$  H/m pour  $\delta = 5$  mm.

### 3) Caractéristique interne de l'aimant

La caractéristique interne de l'aimant est donnée par les points R, D et C dans le plan  $B - H$ . Entre les points D et R se trouve la *zone linéaire* dans laquelle l'aimant est prévu pour travailler. Elle est donnée par la formule :

$$B_a = B_R + \mu_r \mu_o H_a \quad (5)$$

En utilisant les points D et R, on obtient :

$$\mu_r = \frac{B_R - B_D}{\mu_o (-H_D)} = 1.027 \quad (6)$$

A gauche du point D se trouve la zone de *demagnétisation irréversible*, donnée par la formule :

$$B_a = B_x + \mu_{rx} \mu_o H_a \quad (7)$$

En utilisant les points C et D, on obtient :

$$\mu_{rx} = \frac{B_D}{\mu_o (H_D - H_C)} = 17.91 \quad (8)$$

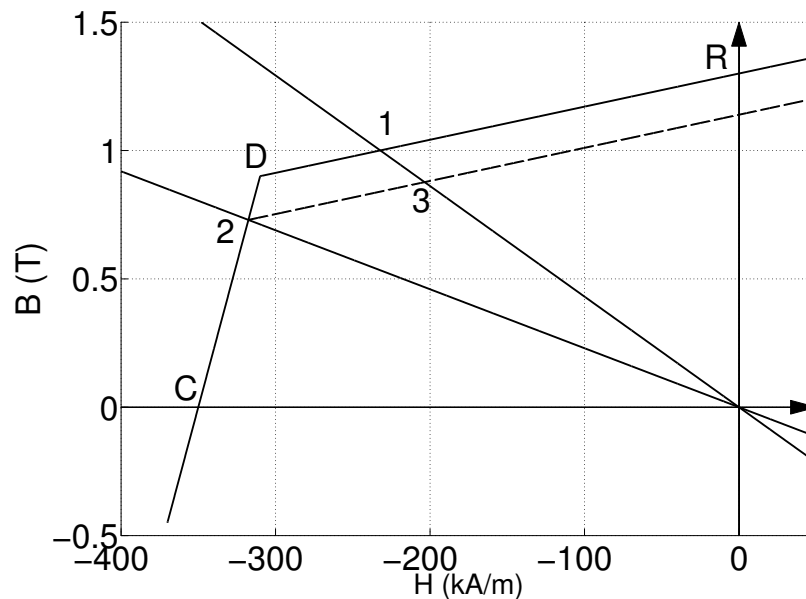
$$B_x = -\mu_o \mu_{rx} H_C = 7.875 \text{ T} \quad (9)$$

### 4) Le point de travail pour $\delta = 1.5$ mm

Le point de travail est l'intersection entre les caractéristiques interne et externe. Pour l'entrefer  $\delta = 1.5$  mm, la caractéristique externe  $B_a = -K_1 H_a$  coupe la caractéristique interne linéaire (5) au point 1 avec les coordonnées  $H_{a1} = -232.2$  kA/m et  $B_{a1} = 1.000$  T.

### 5) Le point de travail pour $\delta = 5$ mm

Pour l'entrefer  $\delta = 5$  mm, la caractéristique externe  $B_a = -K_2 H_a$  ne coupe pas la caractéristique interne linéaire (5), mais celle de demagnétisation irréversible (7) au point 2 avec les coordonnées  $H_{a2} = -317.6$  kA/m et  $B_{a2} = 0.730$  T. Cela veut dire



que l'aimant est demagnétisé et qu'il a perdu ses caractéristiques d'une manière irréversible. La seule possibilité de les avoir de nouveau est de magnétiser l'aimant de nouveau.

### 6) Le point de travail pour $\delta = 1.5 \text{ mm}$

Une fois l'aimant demagnétisé (le point de travail 2), si le champ externe commence à monter, le nouveau point de travail va suivre la nouvelle caractéristique interne linéaire. Elle est parallèle à la caractéristique interne initiale (D-R), donc sa formule est :

$$B_a = B'_B + \mu_r \mu_o H_a \quad (10)$$

avec  $B'_R$  la nouvelle valeur de l'induction remanente. Comme cette caractéristique passe par le point 2, on obtient :

$$B'_B = B_{a2} - \mu_r \mu_o H_{a2} = 1.139 \text{ T} \quad (11)$$

La caractéristique externe  $B_a = -K_1 H_a$  coupe la nouvelle caractéristique interne linéaire (10) au point 3 avec les coordonnées  $H_{a3} = -203.5$  kA/m et  $B_{a3} = 0.877$  T.

## 7) La force d'attraction

Le flux  $\Phi_a = B_a S_a$  généré par l'aimant est divisé en deux parties ( $\Phi_\sigma = B_\sigma S_\sigma$  et  $\Phi_\delta = B_\delta S_\delta$ ), selon le schéma magnétique équivalent. En écrivant les équations pour ce diviseur du flux, on obtient :

$$\Phi_\delta = \Phi_a \frac{\Lambda_\delta}{\Lambda_\delta + \Lambda_a} \quad (12)$$

et alors :

$$B_{\delta} = B_a \frac{S_a}{S_{\delta}} \frac{\Lambda_{\delta}}{\Lambda_{\delta} + \Lambda_{\sigma}} \quad (13)$$

Cela donne les valeurs numériques :  $B_{\delta 1} = 1.167$  T,  $B_{\delta 2} = 0.479$  T et  $B_{\delta 3} = 1.023$  T.  
La force d'attraction est donnée par la formule :

$$F = 2 \frac{B_{\delta}^2}{2\mu_o} S_{\delta} \quad (14)$$

Cela donne les valeurs numériques :  $F_1 = 86.72$  N,  $F_2 = 14.60$  N et  $F_3 = 66.63$  N.