

## TD N°1 : ÉTUDE D'UN CIRCUIT MAGNÉTIQUE À ARMATURE MOBILE

### Exercice n°01

On considère un circuit magnétique en forme de U de longueur moyen  $l_{moy}$  avec une armature mobile de très grande perméabilité. On laisse deux entrefers égaux d'épaisseur  $x$  réglable. On excite ce circuit par une bobine constituée de  $n$  spires alimentée par un courant  $i$ .

1. Calculer l'induction  $B$  dans l'entrefer (supposé sans fuites) et le flux  $\Phi$  en fonction de  $x$ . Calculer  $B$ ,  $\Phi$  pour  $x = 0$ ,  $x = 1$  mm.

2. Calculer la force magnétique  $F$  pour  $x = 0$ ,  $x = 1$  mm.

Application numérique :  $S = 8$  cm,  $\mu_r = 3000$ ,  $l_{moy} = 60$  cm,  $n = 500$  spires,  $i = 0.5$  A.

### Exercice n°02

Soit le circuit magnétique de la figure 1 :

1. Calculer l'énergie magnétique emmagasinée en fonction de  $x$  et  $d$ .

Application numérique :

$n = 1000$  spires (bobine d'excitation)

$g = 2$  mm

$d = 0.15$  m

$l = 0.1$  m

$i = 10$  A

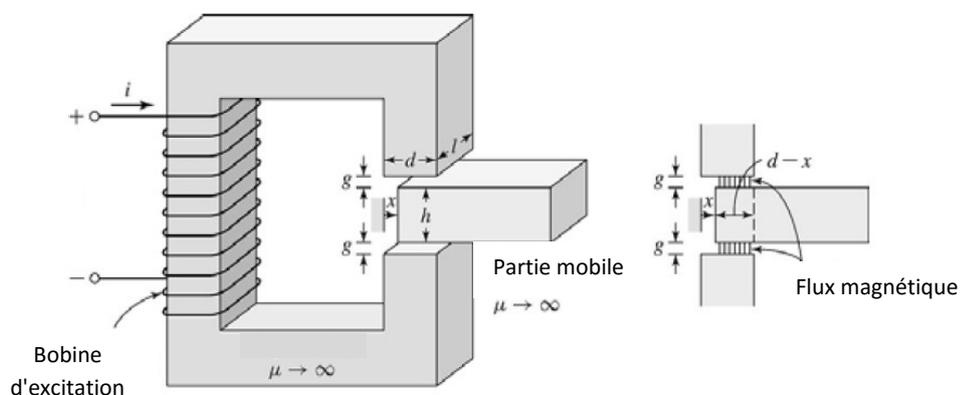


Figure 1

## TD N°2 : MACHINE A RELUCTANCE VARIABLE (MRV)

### Exercice n°01

Soit une machine électrique à réluctance variable, si le rotor est dans une position telle que l'angle entre la ligne polaire du stator et du rotor est  $\theta = 30^\circ$ .

L'inductance  $L_{max} = 10.7 \text{ mH}$ , L'inductance  $L_{min} = 1.05 \text{ mH}$ , Pour un courant d'alimentation  $I = 7 \text{ A}$ .

1. Calculer le flux magnétique.
2. Calculer le couple électromagnétique.

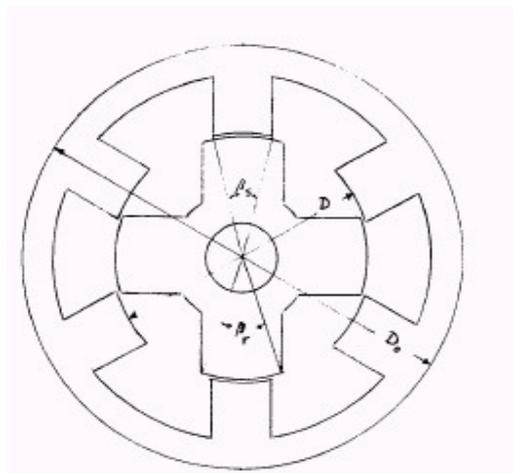
### Exercice n°02

Soit une machine électrique à réluctance variable (figure ci-contre)

Si le rotor est dans une position tel que l'angle entre la ligne polaire du stator et la ligne polaire du rotor est  $\theta = 15^\circ$ .  
 L'entrefer est  $e = 0.5 \text{ mm}$ , le rayon intérieur du stator  $R = 25 \text{ mm}$ , la longueur active du moteur est  $L = 50 \text{ mm}$ , le nombre de spires est  $n_s = 98 \text{ spires/pôle}$ . Le courant d'alimentation  $I = 6 \text{ A}$

1. Calculer la densité de flux  $B_e$  dans l'entrefer.
2. Calculer le couple électromagnétique si l'inductance  $L_{min} = 0.02 \text{ mH}$ .

(On néglige les fuites magnétiques et on suppose que la perméabilité magnétique du fer est infinie)



### Exercice n°03

Soit une machine électrique à réluctance variable 4/2 (figure ci-contre). L'entrefer est  $e = 0.254 \text{ mm}$ , le rayon intérieur du stator  $R = 38 \text{ mm}$ , la longueur active du moteur est  $L = 130 \text{ mm}$ , le nombre de spires est  $n_s = 50 \text{ spires/pôle}$ ,  $\beta_s = \beta_r = 60^\circ$ .

(On néglige les fuites magnétiques et on suppose que la perméabilité magnétique du fer est infinie)

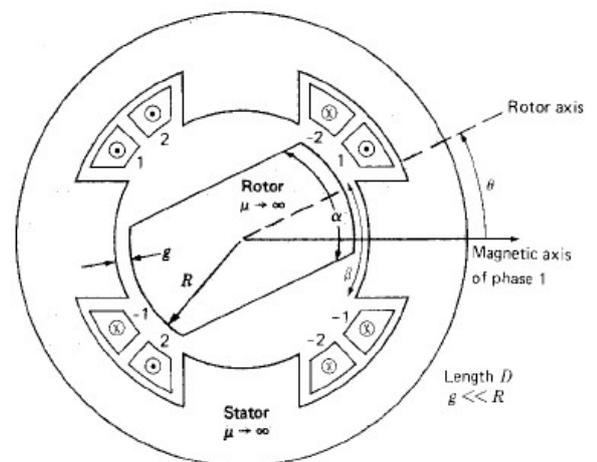
1. Calculer l'inductance maximal  $L_{max}$ , tracer l'allure des inductances en fonction de  $\theta$ , ( $L_{min} = 0$ ).
2. Calculer le couple électromagnétique maximum et tracer le couple électromagnétique dans les deux cas suivants :

$$i_1 = 5 \text{ A}, i_2 = 0.$$

$$i_1 = 0, i_2 = 5 \text{ A}.$$

3. Calculer le couple électromagnétique si  $i_1 = i_2 = 5 \text{ A}$ , dans les cas suivants :

$$\theta = 0^\circ, \theta = 45^\circ, \theta = 75^\circ.$$



## TD N°3 : MOTEUR ASYNCHRONE MONOPHASÉ

### Exercice n°1

Soit un moteur monophasé à phase auxiliaire résistive de **147 W**, **1725 tr/min**, **115 V**, **60 Hz**. Lors d'un essai à rotor bloqué, effectué à tension réduite, on obtient les lectures suivantes:

|                   | <u>Enroulement principal</u> | <u>Enroulement auxiliaire</u> |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Tension appliquée | $V = 23 \text{ V}$           | $V = 23 \text{ V}$            |
| Courant           | $I_p = 4 \text{ A}$          | $I_a = 1.5 \text{ A}$         |
| Puissance active  | $P_p = 60 \text{ W}$         | $P_a = 30 \text{ W}$          |

Calculer:

1. L'angle de déphasage  $\alpha$  entre  $I_p$  et  $I_a$ .
2. Le courant de ligne à rotor bloqué sous une tension de **115 V**.

### Exercice n°2

Un moteur monophasé à phase auxiliaire capacitive a les caractéristiques suivantes:

|                        | Résistance                     | Réactance                      |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Enroulement principal  | <b>4 <math>\Omega</math></b>   | <b>7.5 <math>\Omega</math></b> |
| Enroulement auxiliaire | <b>7.5 <math>\Omega</math></b> | <b>4 <math>\Omega</math></b>   |
| Tension d'alimentation | <b>119 V</b>                   |                                |

Calculer:

1. Le déphasage entre les courants  $I_a$  et  $I_p$ .
2. Le courant  $I_T$  tiré de la ligne.
3. Le facteur de puissance de la puissance du moteur au démarrage.

### Exercice n°3

Un moteur asynchrone monophasé de **3 kW**, alimenté par un réseau de **110 V** et **50 Hz**, a un enroulement principal d'inductance **0.02 H** et de résistance **4  $\Omega$** . On se propose d'utiliser pour le démarrage un enroulement auxiliaire d'inductance **0.015 H** et de résistance **5  $\Omega$** .

1. Le moteur démarre-t-il à vide ?
2. Quelle capacité doit-on placer en série dans l'enroulement auxiliaire pour que les courants dans les deux enroulements soient déphasés de 90 degrés ?

## TD N°4 : CIRCUIT MAGNÉTIQUE À AIMANT PERMANENT

### EXERCICE N°1 : Critère d'Evershed

Soit le circuit magnétique de la figure 1 constitué d'un aimant permanent de longueur  $\ell_a$  et de section  $S_a$ , d'un circuit "fer" de longueur  $\ell_{fer}$  et d'un entrefer de longueur  $e$  et de section  $S_e$ .

1. En utilisant la loi de conservation du flux et en supposant le circuit magnétique sans fuite, établir la relation entre  $B_a$  et  $B_e$ .
2. Etablir le théorème d'ampère sur la fibre moyenne (en négligeant la circulation du  $H$  dans le fer).
3. À partir des deux expressions précédentes, exprimer le volume de l'aimant  $\ell_a S_a$ . Montrer que pour un entrefer donné et un champ d'induction dans celui-ci fixe, le volume de l'aimant est inversement proportionnel au produit  $|B_a \cdot H_a|$ .

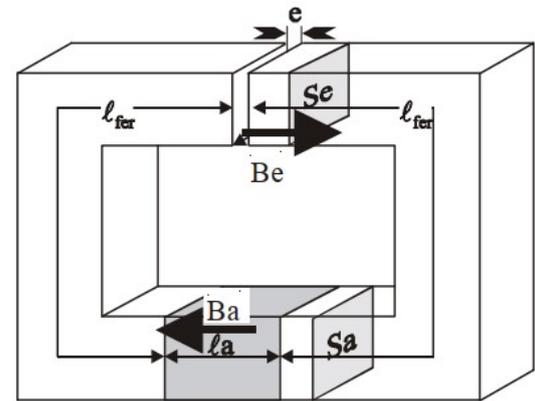


Figure -1-

### EXERCICE N°2 : Exemple de calcul d'un aimant permanent

Sachant que  $S_e = 4 \text{ cm}^2$  et  $e = 2 \text{ mm}$ . On veut obtenir un champ d'induction dans l'entrefer de  $0.5 \text{ T}$  en utilisant un aimant en Alnico 5 à  $B_a = 1 \text{ T}$  et  $H_a = -40 \text{ kA/m}$ .

1. Calculer  $\ell_a$  et  $S_a$ , ainsi que le volume de l'aimant.
2. Reprendre le même calcul si  $B_a = 1.2 \text{ T}$  et  $H_a = -20 \text{ kA/m}$ , que constater-vous ?
3. Reprendre le calcul de l'aimant précédent si on utilise du Samarium-cobalt à  $B_a = 0.5 \text{ T}$  et  $H_a = -400 \text{ kA/m}$ .

### EXERCICE N°3 : Association d'un aimant et d'un bobinage dans un circuit magnétique

Soit le circuit magnétique de la figure 2, il comporte un aimant (longueur  $\ell_a$ , section  $S_a$ , champ d'induction  $B_a$ ) ainsi qu'un bobinage de  $N$  spires parcouru par un courant continu  $i$ . Il présente un entrefer (longueur  $\ell_e$ , section  $S_e$ , champ d'induction  $B_e$ ).

1. Écrire le théorème d'Ampère en négligeant la circulation de  $H$  dans le fer par rapport à sa circulation dans l'entrefer.
2. Écrire l'équation de conservation de flux dans le circuit magnétique (supposé sans fuite). Pour certains aimants modernes, on peut en première approximation considérer que  $B_a = B_r + \mu_0 \cdot H_a$ .
3. Exprimer  $H_e$  dans l'entrefer en fonction de  $N \cdot i$ , du champ rémanent  $B_r$  de l'aimant et des caractéristiques géométriques du circuit magnétique.
4. Montrer que  $H_e$  est la somme des champs obtenus dans les deux circuits de la figure 3.

Figure -2-

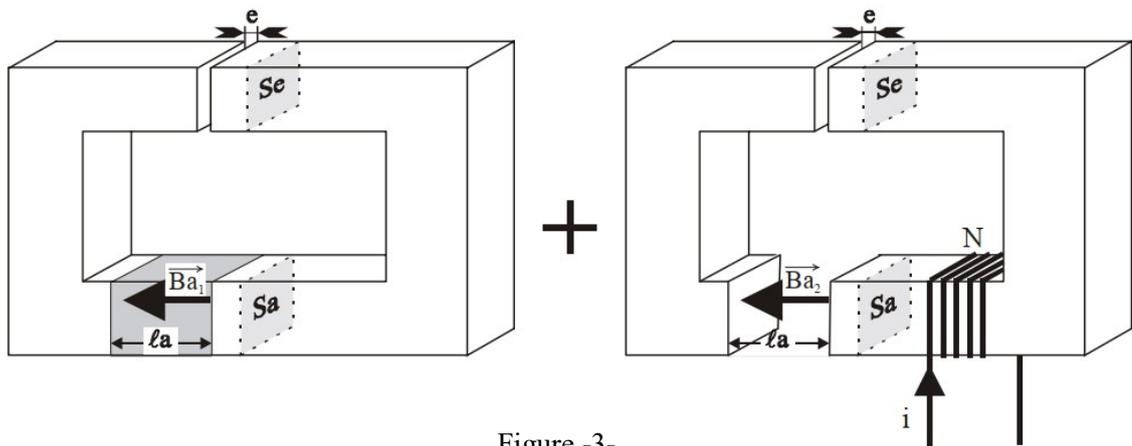
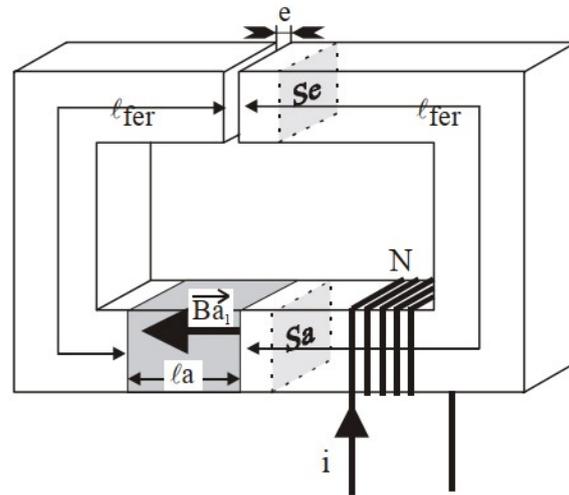


Figure -3-