

Examen Final : EL48 – A2017.  
 Durée : 2 heures.  
 Documents : non autorisés sauf une feuille A4 manuscrite

### Exercice 1 : Propulsion électrique d'un Navire



Figure 1(a): navire à propulsion électrique, et son système de propulsion

Un moteur synchrone de propulsion équipant un navire de passagers présente les caractéristiques suivantes :

- Puissance nominale  $P_n=1500(\text{kW})$
- Tension d'alimentation nominale :  $U_n=2300(\text{V})$
- Couplage : Y
- Nombre de pôles :  $2p=30$
- Fréquence nominale d'alimentation :  $f=60(\text{Hz})$
- Réactance synchrone d'une phase :  $X_s=1.95 (\Omega)$

On peut négliger la résistance rotorique et considérer le rendement du moteur unitaire ( $\eta=1$ )

L'excitation sera maintenue constante à une valeur assurant un facteur de puissance unitaire ( $\cos \varphi=1$ ), au point de fonctionnement nominal.

- 1) Calculer le courant nominal absorbé par le moteur.
- 2) Représenter le schéma équivalent d'une phase du moteur, les équations du modèle de la réactance synchrone, ainsi que le diagramme de Fresnel associé.
- 3) Calculer la vitesse du moteur  $n_s$  exprimé en (tours/min) ainsi que  $\Omega_s$  exprimé en (rad/s)
- 4) Calculer la force électromotrice à vide au point nominal,  $E_{0n}$ .
- 5) calculer la puissance réactive absorbé par le moteur.
- 6) Calculer la puissance mécanique maximale et le couple mécanique maximal en considérant que le moteur est alimenté par un réseau, d'une tension composée constante  $U_n=2300(\text{V})$ , d'une fréquence  $f_r=60 (\text{Hz})$ .

### Exercice 2 :

La structure magnétique présentée dans la Figure 2( a), est composé d'un circuit magnétique fixe composé d'un aimant permanent de type SmCo de longueur  $d$ , intégré dans un circuit ferromagnétique fixe et d'un plongeur ferromagnétique mobile. On considère que la perméabilité magnétique du matériau ferromagnétique du circuit fixe et du plongeur mobile a une valeur très grande ( $\mu \rightarrow \infty$ ). Le système est conçu tel que l'épaisseur de l'entrefer

latéral  $g_0$  reste constante, et l'entrefer  $x$  est variable. La profondeur du dispositif a la valeur constante,  $D$ . *Le dispositif comporte aussi une bobine de  $N_i$  spires.*

On considère que l'aimant permanent SmCo a une caractéristique linéaire  $B_m(H_m)$   
 $B_m = \mu_0 \mu_r (H_m - H_c)$ , où  $H_c$  représente le champ magnétique coercitif de l'aimant permanent. On considère qu'à l'extérieur du matériau magnétique du **dispositif et du bloc magnétique** le flux magnétique se ferme exclusivement dans l'entrefers  $g_0$  et  $x$ .

*Les paramètres géométriques, la perméabilité du vide, la perméabilité de l'aimant permanent, le champ magnétique coercitif de l'aimant seront considérées comme paramètres.*

Avec les notations de la figure 2(a), on considère les valeurs numériques suivantes :

$N_i = 1500$  spires

$W = 5.0$ (cm)

$W_1 = 5.0$ (cm)

$D = 4$  (cm)

$d = 8$  (mm)

$g_0 = 1$  (mm)

**Questions :**

a) approximer numériquement les paramètres  $H_c, \mu_r$  de l'aimant permanent à partir de sa courbe caractéristique (donné dans la figure 2(b)).

b) Pour un courant nul dans la bobine ( $i_1 = 0$ ), trouver l'expression du champ magnétique et celle de l'induction dans l'entrefer variable  $x$ , comme fonction du déplacement  $x$ . Calculer les valeurs numériques pour  $x = 2$ (mm)

b) Pour un courant nul dans la bobine ( $i_1 = 0$ ), trouver l'expression de la force magnétique  $F_m$  qui agit dans la direction  $x$ , produite par le champ magnétique généré par l'aimant, comme fonction du déplacement  $x$ . Calculer la valeur numérique pour  $x = 2$ (mm)

c) Trouver l'expression et la valeur du courant dans la bobiné, permettant d'annuler la force magnétique  $F_m$

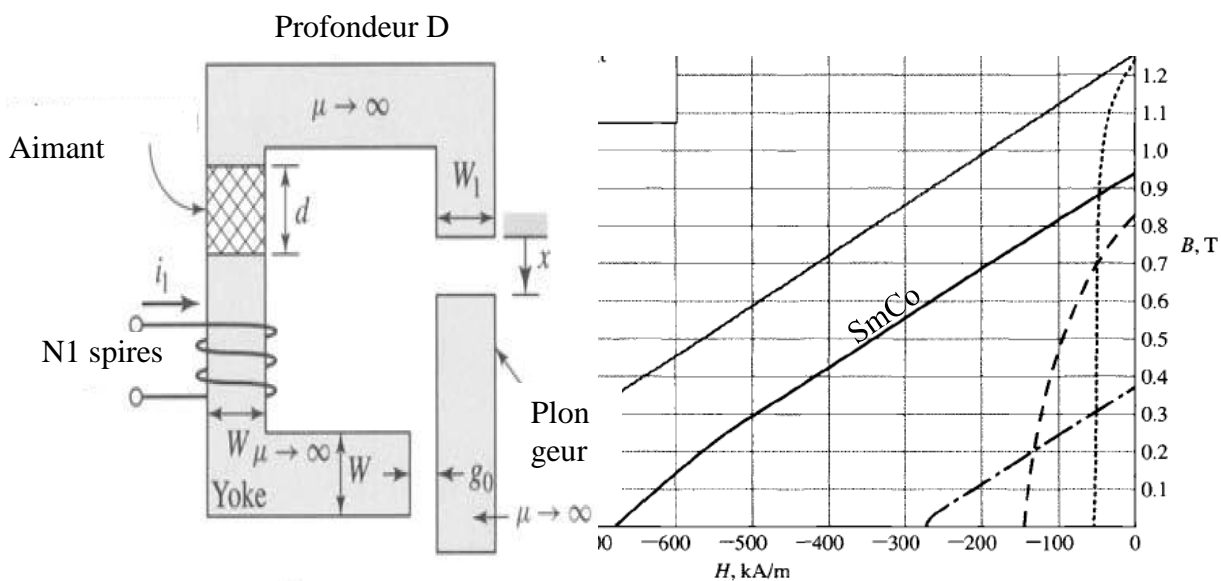


Figure 2: (a) structure magnétique;

(b) caractéristiques  $B(H)$  dans différents aimants