

### TP N° 3 : Modélisation et Simulation d'un générateur électrique

**Objectifs :**

- Savoir modéliser et simuler une machine électrique par MATLAB-SIMULINK en vue de l'utiliser dans une chaîne de conversion éolienne.

**Introduction :**

La machine électrique choisie dans ce TP est la génératrice synchrone à aimants permanents (GSAP). Sa structure comporte un enroulement triphasé au stator. L'excitation rotorique est créée par des aimants permanents au rotor.

**Modélisation de la GSAP**

**1/Equations électriques**

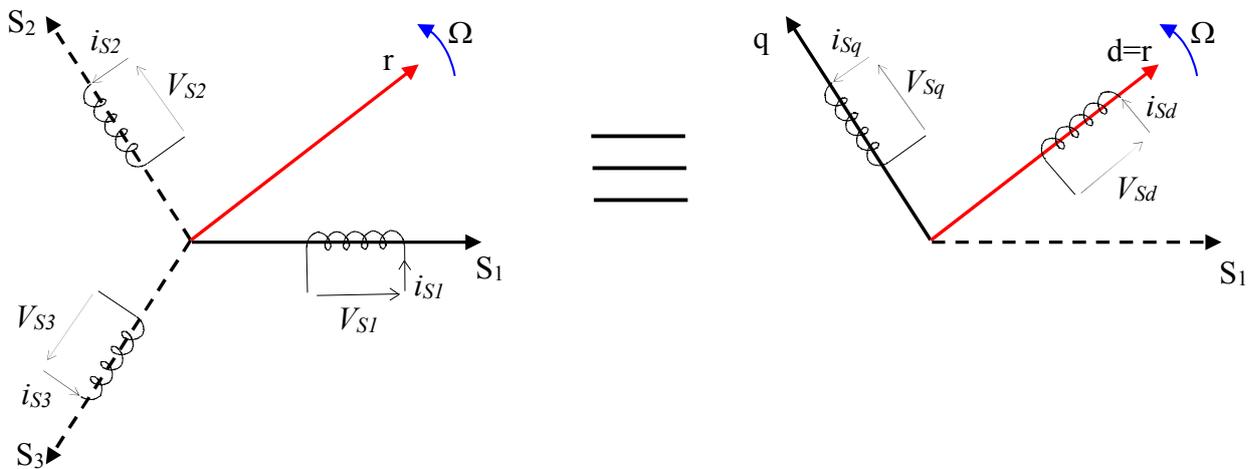
$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix}$$

$[v_a \ v_b \ v_c]^t$  : Vecteur tension de phases statoriques.

$[i_a \ i_b \ i_c]^t$  : Vecteur courant de phases statoriques.

$[\psi_a \ \psi_b \ \psi_c]^t$  : Vecteur des flux totaux traversant les bobines statoriques.

**2/Passage au repère de Park**



$$\begin{bmatrix} U_d \\ U_q \\ U_o \end{bmatrix} = P(\theta) \cdot \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}^T$$

$$\begin{bmatrix} I_d & I_q & I_o \end{bmatrix} = P(\theta) \cdot \begin{bmatrix} I_a & I_b & I_c \end{bmatrix}^T$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_d & \varphi_q & \varphi_o \end{bmatrix} = P(\theta) \cdot \begin{bmatrix} \varphi_a & \varphi_b & \varphi_c \end{bmatrix}^T$$

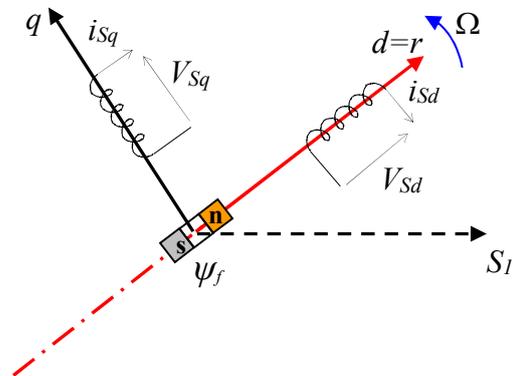
$$P(\theta) = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

$$P(\theta)^{-1} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 1 \\ \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & 1 \\ \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) & 1 \end{bmatrix}$$

**P(θ) : Matrice de Park**

**3/Modèle de la Génératrice synchrone à aimants permanents dans le repère de Park.**

$$\begin{cases} V_d = -R_s I_d - L_d \frac{d}{dt} I_d + \omega L_q I_q \\ V_q = -R_s I_q - L_q \frac{d}{dt} I_q - \omega L_d I_d + \omega \psi_f \end{cases} \quad (1)$$



**4/ Expression du couple électromagnétique**

$$C_{em} = \frac{3}{2} P(\psi_d i_q - \psi_q i_d)$$

$$C_{em} = \frac{3}{2} P[(L_q - L_d] i_d i_q + i_q \psi_f)]$$

**Simulation de la GSAP**

**1/ A vide**

$$\begin{cases} I_d = 0 \\ I_q = 0 \end{cases}$$

Les expressions des tensions et couple deviennent :

$$\begin{cases} V_d = 0 \\ V_q = \omega \psi_f \\ C_{em} = 0 \end{cases}$$

**Travail demandé :**

Déclarer les paramètres de la GSAP dans un fichier SCRIPT

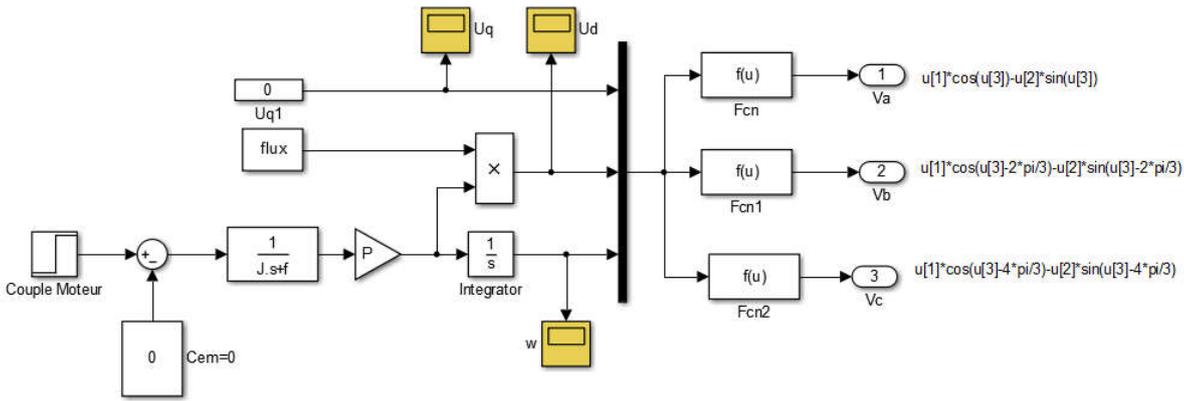
$R_s=2.875 (\Omega)$  ;  $L_d=8.5e-3 (H)$  ;  $L_q=8.5e-3 (H)$  ;  $\text{flux}=0.175 (Wb)$  ;  $P=4$  ;  $J=0.008Kg.m^2$  ;  $f=0Nm/rd.s$  ;

De l'instant  $t=0s$  à l'instant  $t=10ms$ , On applique à la génératrice un couple moteur de  $6.28(Nm)$ , puis on diminue le couple moteur à  $0Nm$  jusqu'à l'instant  $50ms$

1/ Implanter et exécuter le schéma bloc de la GSAP à vide pour une durée de 1s

2/ Visualiser les grandeurs :  $V_{abc}$ ,  $U_d$ ,  $U_q$

3/ Commentaires et conclusion



## 2/GSAP sur une charge séparée ( $R_{ch}$ , $L_{ch}$ )

La génératrice alimente dans ce cas une charge électrique ( $R_{ch}$ ,  $L_{ch}$ ).

On applique d'une part, les équations (1) :

D'autre part, l'application des tensions  $V_d$  et  $V_q$  sur la charge donne:

$$\begin{cases} V_d = R_{ch}I_d + L_{ch} \frac{d}{dt}I_d - \omega L_{ch}I_q \\ V_q = R_{ch}I_q + L_{ch} \frac{d}{dt}I_q + \omega L_{ch}I_d \end{cases} \quad (2)$$

En introduisant la transformée de LAPLACE dans les équations 1 et 2, elles deviennent :

$$\begin{cases} SI_d = \frac{1}{L_d + L_{ch}} [-(R_s + R_{ch})I_d + \omega(L_q + L_{ch})I_q] \\ SI_q = \frac{1}{L_q + L_{ch}} [-(R_s + R_{ch})I_q - \omega(L_d + L_{ch})I_d + \omega\psi_f] \end{cases}$$

### Equations d'état

On cherche à obtenir un système d'équations sous forme d'équations d'état:

$$[\dot{x}] = [A][x] + [B], \quad [x] = \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix}^t$$

#### Partie 1

1/Trouver les matrices A et B

2/Ecrire A sous forme :  $A=Y1+w.Y2$  (trouver  $Y1$  et  $Y2$ )

3/Ecrire B sous forme  $B=w.Z$  (trouver Z)

4/Déclarer les paramètres de la génératrice dans un fichier SCRIPT

$R_s=1.137; L_d=0.0027; L_q=0.0027; J=0.0016; f=0; P=17; flux=0.15; R_{ch}=50; L_{ch}=0.002;$

$R_g=R_s+R_{ch};$

$L1=L_d+L_{ch};$

$L2=L_q+L_{ch};$

$Z= ?$

$Y1= ?$

$Y2= ?$

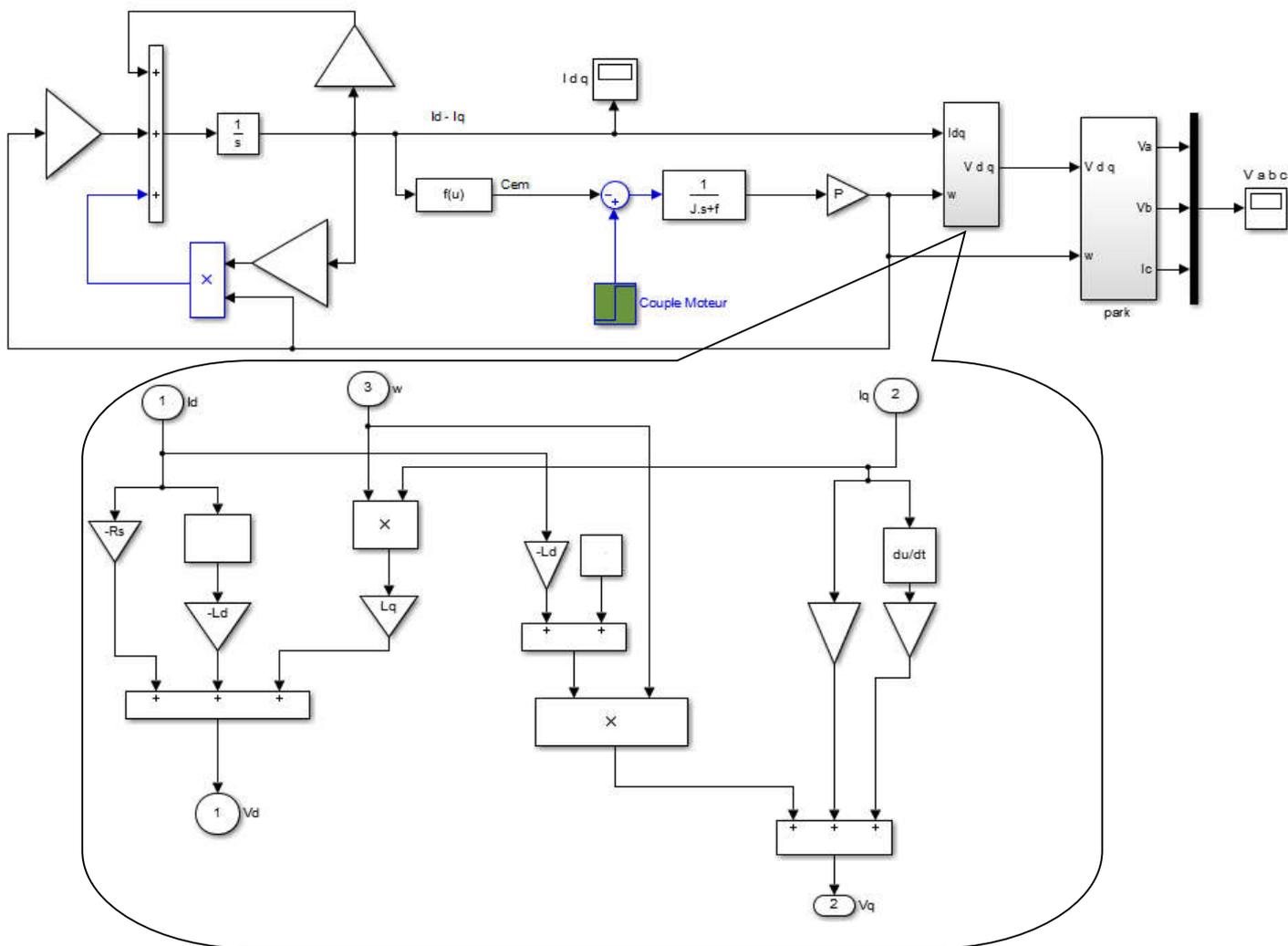
#### Partie2

A l'instant ( $t=0s$ ) on applique à la génératrice un couple moteur  $C_m=6.28(Nm)$

A l'instant ( $t=0.2s$ ) on diminue le couple moteur à  $3(Nm)$

5/ Compléter et simuler le schéma bloc sur une période de  $0.6(s)$ .

6/ Visualiser les grandeurs :  $w$ ,  $V_d$ ,  $V_q$ ,  $I_d$ ,  $I_q$ ,  $I_{abc}$ ,  $V_{abc}$ ,  $C_m$



7/Commentaires et conclusion