

TP1: Modélisation et Simulation d'un moteur à courant continu à aimant permanent

Objectifs

- Donner une démarche de conception d'un modèle de simulation par MATLAB-SIMULINK;
- Simuler le fonctionnement d'un moteur à courant continu à aimant permanent
- Intégrer des résultats de simulation dans un rapport.

1. Conception d'un modèle de simulation SIMULINK

1.1. Présentation de SIMULINK

SIMULINK est un module particulier venant compléter MATLAB, et fournir une interface graphique pour la modélisation de systèmes dynamiques sous forme de schémas- blocs. Grâce aux nombreux blocs de base fournis, il est possible de créer des modèles sans écrire une seule ligne de code.

L'architecture ouverte permet d'étendre l'environnement de simulation par :

- la création de blocs personnalisés et de bibliothèques à partir du code MATLAB, Fortran ou C ou bien de façon graphique ;
- l'intégration de code Fortran ou C existant pour récupérer des modèles validés ;
- la génération de code C à partir des modèles de simulation.

De même que MATLAB et ses Toolboxes, Simulink peut être complété de bibliothèques de blocs spécialisés - les Blocksets, qui viennent s'ajouter à la bibliothèque de base.

1.2. Mise en équation du processus étudié

Nous nous proposons de simuler le comportement d'un moteur à courant continu. Nous définissons les paramètres du processus les noms des grandeurs importantes et les équations qui décrivent le fonctionnement.

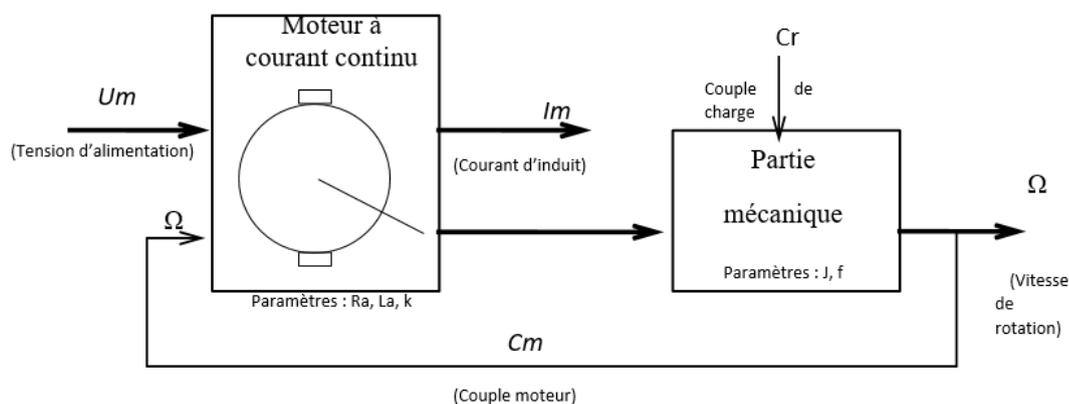


Fig.1 Moteur à courant continu entraînant une charge mécanique

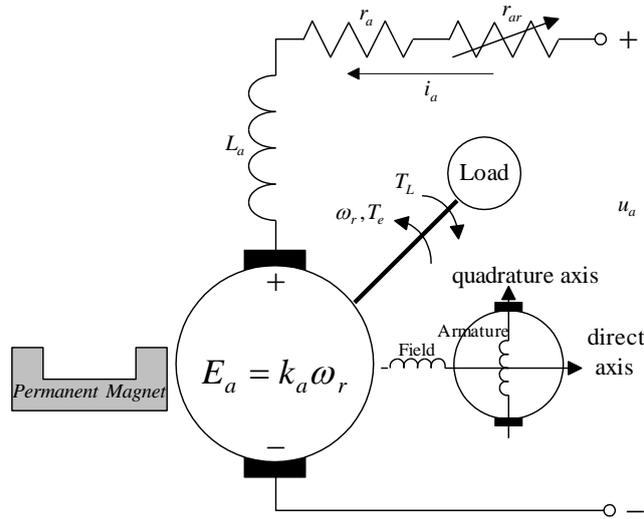


Figure 2. Schéma de principe de la machine à courant continu à aimant permanent

L'application de la loi de Kirchhoff donne

$$U_a = R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + K_a \omega_r$$

L'équation mécanique

$$J \frac{d\omega_r}{dt} = T_e - T_L$$

La f.é.m. est $E_a = K_a \omega_r$

Le couple résistant est fonction du frottement et la vitesse angulaire

$$T_r = B_m \omega_r$$

Le couple moteur dépend du courant développé dans l'induit $T_e = k_a I_a$

La est l'inductance d'induit, Ra résistance d'induit, Ka constante du couple, J moment d'inertie

Bm frottement visqueux, Ua la tension d'induit, la courant d'induit, Te couple moteur, TL couple résistant

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{r_a}{L_a} i_a - \frac{k_a}{L_a} \omega_r + \frac{1}{L_a} u_a$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{k_a}{J} i_a - \frac{B_m}{J} \omega_r - \frac{1}{J} T_L$$

Ou en écriture matricielle

$$\begin{bmatrix} \frac{di_a}{dt} \\ \frac{d\omega_r}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{r_a}{L_a} & -\frac{k_a}{L_a} \\ \frac{k_a}{J} & -\frac{B_m}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} \\ 0 \end{bmatrix} u_a$$

Notons : la variable de commande et de contrôle $x_1 = i_a, x_2 = \omega_r$ and $u = u_a$

$$\begin{bmatrix} \frac{dx_1}{dt} \\ \frac{dx_2}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{r_a}{L_a} & -\frac{k_a}{L_a} \\ \frac{k_a}{J} & -\frac{B_m}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \omega_r = Cx + Du = [0 \quad 1] \begin{bmatrix} i_a \\ \omega_r \end{bmatrix} + [0]u_a = [0 \quad 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [0]u$$

$$C = [0 \quad 1] \text{ and } D = [0]$$

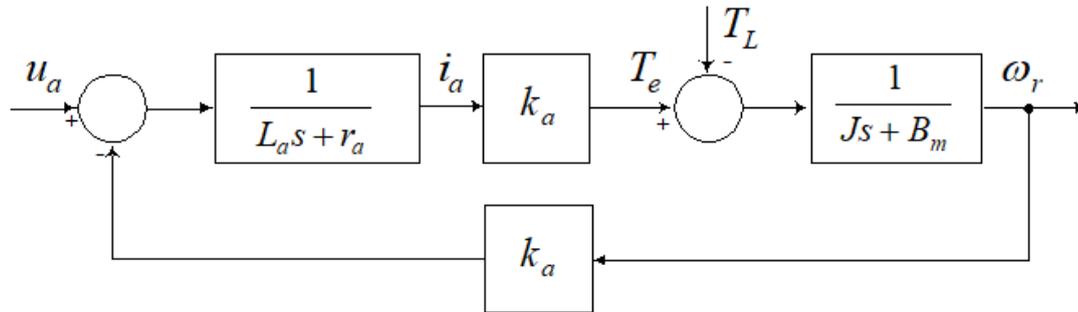


Fig.3 Implantation du moteur sous SIMULINK

1.3. Constitution du modèle SIMULINK

Les points suivants précisent la méthode de conception d'un modèle de simulation

- **Lancement de Simulink**

Cliquer sur l'icône SIMULINK  située sur la barre principale de MATLAB
 Cliquer sur les différents modules de la bibliothèque afin d'en découvrir les différents éléments.

- **Ouverture d'un nouveau modèle A**

partir de la fenêtre SIMULINK : 'File'
 puis 'New' et 'Model'

- **Création d'un modèle de simulation**

1. Pour ajouter un bloc, cliquer sur le bloc désiré dans la bibliothèque et le faire glisser vers la fenêtre souhaitée ou copie le bloc puis le coller
2. Changer le nom du bloc en cliquant sur la zone 'nom'
3. Pour paramétrer un bloc, double-cliquer sur le bloc.

Le paramétrage du bloc fonction de transfert se fait en rentrant le numérateur et le dénominateur par ordre décroissant des puissances de « s ».

4. Pour relier deux blocs, cliquer sur la sortie du premier bloc et faire glisser la souris jusqu'à l'entrée du second bloc, puis relâcher la souris. On peut faire la même chose en partant de l'entrée du second bloc.
5. Pour copier un bloc, cliquer avec le bouton droit de la souris sur le bloc à copier.
6. Ajouter des commentaires si nécessaire dans la figure en double-cliquant sur la zone souhaitée.

La figure suivante présente le modèle de simulation souhaité.

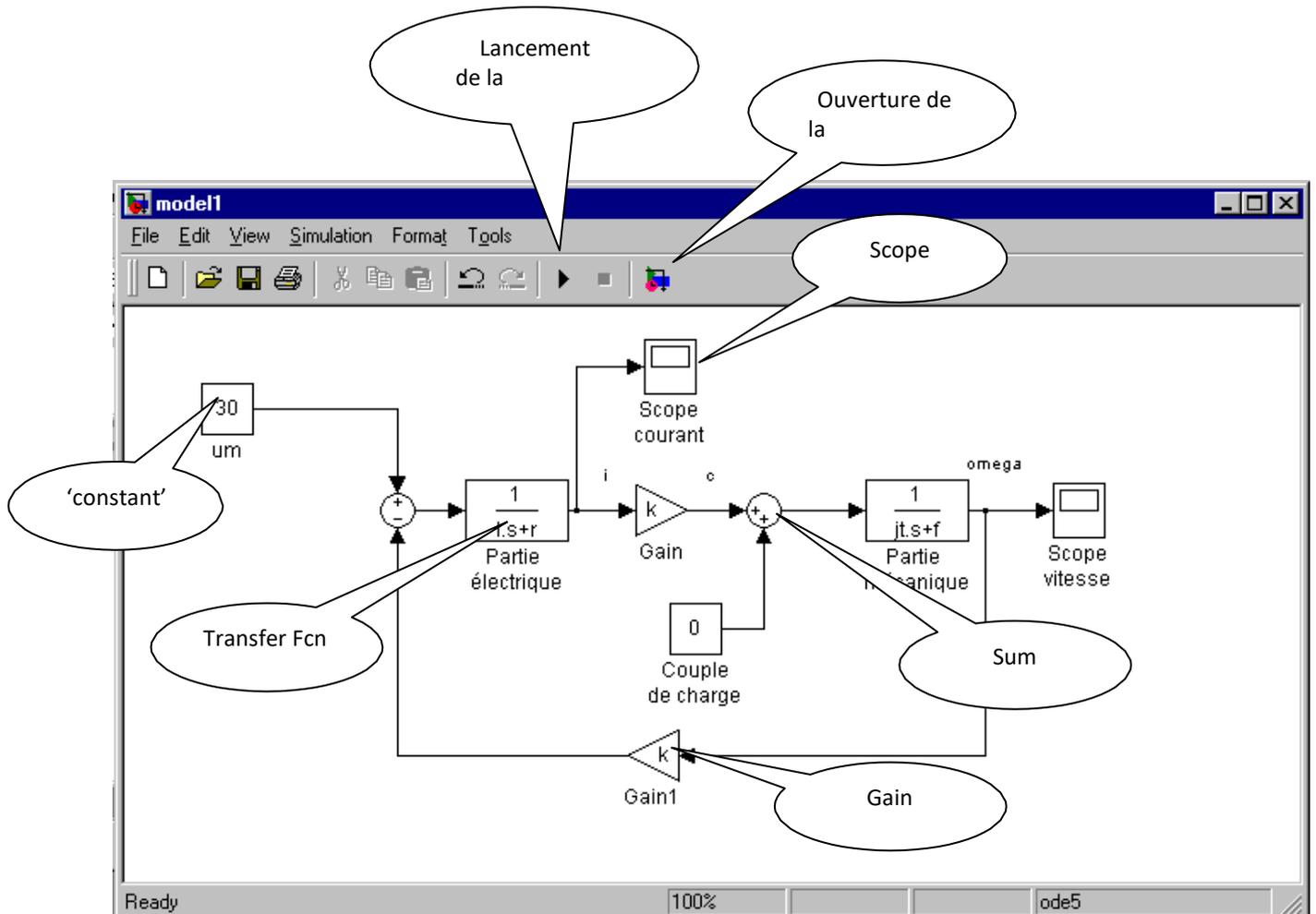


Fig.4 Modèle de simulation associé au moteur à courant continu

Une fois que le modèle est constitué, sauvegarder le avec le nom de votre choix dans le répertoire courant.

Raccourcis clavier utiles :

- CTRL R : rotation de blocs
- CTRL F : retournement de blocs

- **Fichier d'initialisation**

Comme on peut le constater sur la figure précédente, il n'y a aucune valeur numérique. Toute les variables utilisées sont en fait des variables MATLAB qui doivent être définies dans l'espace de travail.

Pour ce faire, il est nécessaire dès la conception d'un fichier de simulation, de lister tous les paramètres de la simulation et de les définir dans l'environnement MATLAB grâce à un fichier d'initialisation.

Commande MATLAB : **'File'** puis **'New'** puis **'M-File'** Une nouvelle fenêtre s'ouvre.

Saisir les paramètres suivants :

```
% paramètres de simulation
```

```
% partie électrique
r = 2.4; % résistance d'induit
l = 40e-3; % inductance
d'induit
k = 0.139; % coefficient de couple et de fem

% partie mécanique
jt = 0.84e-3; % moment d'inertie équivalent ramené à
              % l'arbre
              moteur
f = 0.001; % coefficient de frottements visqueux ou Bm
% paramètres de
simulation Tmax=500e-3;
Dt = 1e-4;
```

Quand le texte est saisi, sauvegarder le fichier ('File' puis 'Save') en lui donnant le nom 'init'. L'extension « .m » est automatiquement ajoutée. Revenir sous MATLAB, pour que les instructions du fichier soient prises en compte, il est faut exécuter le programme en tapant : **init**.

- **Paramétrage de la simulation**

Avant de lancer la simulation, il faut la paramétrer (Menu 'Simulation' puis **parameters'**)

Simulation Time :

Start Time : 0

Stop Time :

Tmax

Solver Options

Type : Fixed-Step ode5

Fixed Step size : Dt

Travail demandé

-Tracer en utilisant matlab $T_e = f(I_a)$, $T_e = f(\omega_r)$, $\omega_r = f(Temps)$, $I_a = f(Temps)$

-Interpréter les courbes

-Donner une conclusion générale