

## Chapitre 3

### Laboratoire N°3

#### Etude des machines asynchrones triphasées à cage d'écurueil

##### 1. But du travail

L'étude des machines asynchrones à cage d'écurueil.

##### 2. Les indications pour l'exécution du travail

Il est souhaitable de commencer ce laboratoire après l'étude théorique de la machine asynchrone triphasée à cage d'écurueil. Pour cela, on peut se servir de n'importe quel document consacré à l'étude de ces types de machines.

##### 3. Contenu du travail

3.1. Le relevé de la caractéristique mécanique de la machine en régime de moteur et de générateur.

3.2. Le relevé des caractéristiques de fonctionnement de la machine en régime de moteur.

##### 4. La description de l'installation du laboratoire virtuel

L'installation du laboratoire virtuel est représentée sur la fig. 3.1.

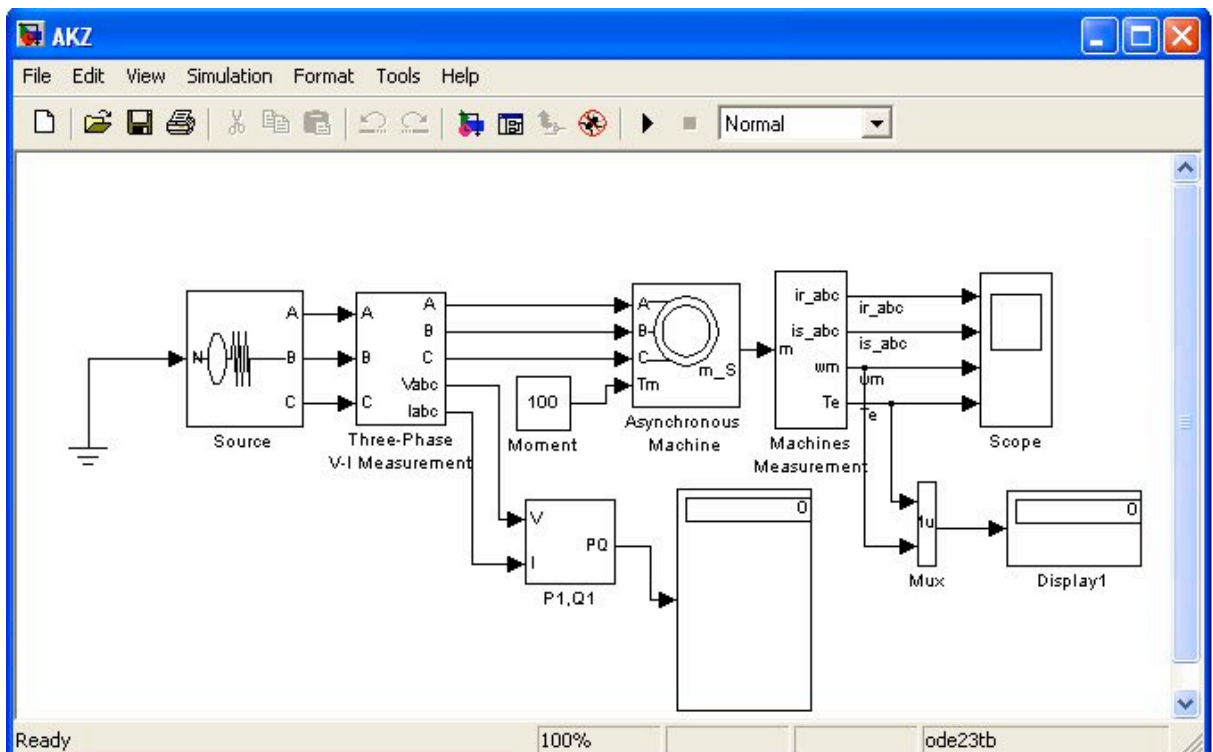


Fig. 3.1. Le Modèle pour l'étude des machines asynchrones

Elle comprend :

- une source de tension triphasée alternative Source de la bibliothèque *Power System Blocset / Extras/ Electric Sources* ;
- un bloc de mesure de la tension et du courant triphasés *Three-Phase V-I Measurement* de la bibliothèque *Power System Blocset / Extras/ Measurement* ;
- une machine asynchrone triphasée *Asynchronous Machine* de la bibliothèque *Power System Blocset / Machines*;

- un bloc de mesure des puissances active et réactive P1, Q1 de la bibliothèque *Power System Blocset / Extras/ Measurement* ;
- un bloc *Display* pour l'affiche des valeurs mesurées des puissances et un bloc *Scope* pour la visualisation des courants du stator et du rotor, ainsi de la vitesse et du moment de la machine asynchrone (bibliothèque principale *Simulink / Sinks*) ;
- un bloc *Moment* pour fixation du moment sur l'arbre de la machine (bibliothèque principale *Simulink / Sinks*) ;
- un bloc *Machines Measurement* de la bibliothèque *Power System Blocset / machines* ;
- un bloc *Display1* pour l'affiche des valeurs du moment électromagnétique (Nm) et de la vitesse (rad/s) de la machine (bibliothèque principale *Simulink / Sinks*) ;
- un bloc *Mux*, qui réunit trois signaux en un seul signal vectoriel (bibliothèque *Simulink / signal & System*).

La fenêtre de réglage des paramètres de la machine est sur la fig. 3.2.

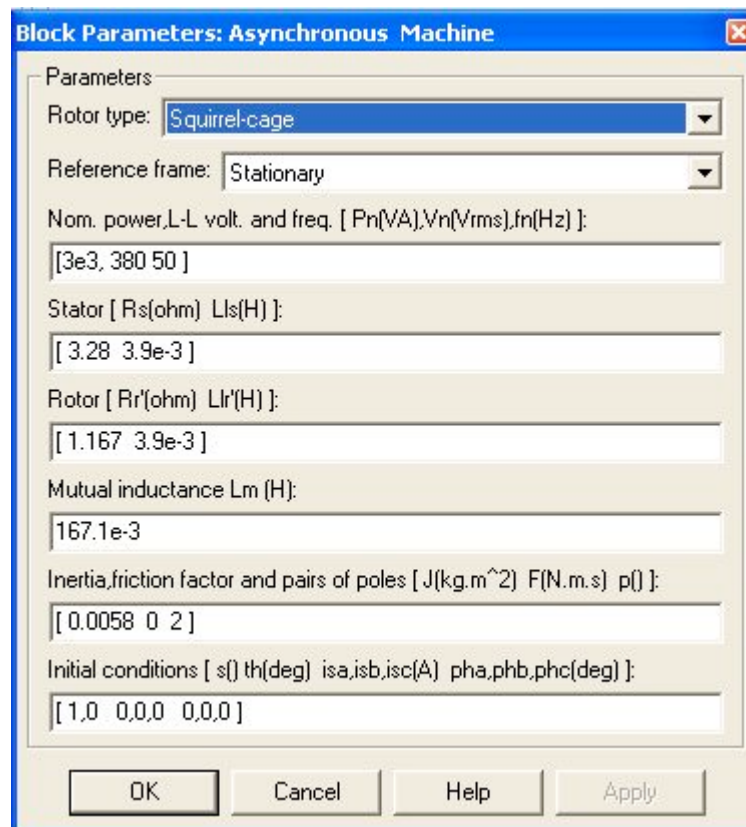


Fig. 3.2. Fenêtre de réglage des paramètres de la machine asynchrone

Dans les domaines de cette fenêtre on donne successivement :

- le type de rotor (*rotor type*), dans le menu contextuel de ce domaine on peut donner soit à cage d'écureuil, soit à rotor bobiné ;
- le système de repère au cours de l'analyse (*Référence frame*) ;
- la puissance, la tension linéaire nominale effective et la fréquence ;
- les paramètres du schéma équivalent du stator ;
- les paramètres du schéma équivalent du rotor ;
- les paramètres de la branche d'aimantation ;

- le moment d'inertie, le coefficient de frottement, le nombre de paires de pôles ;
- les conditions initiales pour la modélisation (le glissement, la position du rotor, les courants du stator et leurs phases initiales).

Une partie des paramètres de la machine se situent dans le recueil des données, et l'autre se calcule en se servant des équations 2.32 – 2.41 ou bien en utilisant le programme (listing 2.1).

Tableau 3.1

Type de moteur	$P_{nom}$ [KW]	$n$ [trs / min]	$\eta$ [%]	$\cos \varphi$	$I_{nom}$ [A]	$k_I = \frac{I_D}{I_{nom}}$	$m_D = \frac{M_D}{M_{nom}}$	$m_{max} = \frac{M_{max}}{M_{nom}}$	$J$ [Kgm <sup>2</sup> ]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RA71B2	0.55	2850	74	0.84	1.8	6.5	2.3	2.4	0.0005
RA80A2	0.75	2850	74	0.83	2	5.3	2.5	2.7	0.0008
RA80B2	1.1	2800	77	0.86	2	5.2	2.6	2.8	0.0012
RA80A4	0.55	1400	71	0.8	1	5	2.3	2.8	0.0018
RA80B4	0.75	1400	74	0.80	2	5	2.5	2.8	0.0023
RA90S2	1.5	2835	79	0.87	3	6.5	2.8	3	0.0010
RA90L2	2.2	2820	82	0.87	4	6.5	2.9	3.4	0.0015
RA100LA4	2.2	1420	79	0.82	5	6	2.2	2.6	0.0048
RA100LB4	3	1420	81	0.81	7	6.2	2.2	2.6	0.0058
RA112M2	4	2895	84	0.87	9	6.8	2.2	3.3	0.0082
RA112M4	4	1430	85.5	0.84	9	6.5	2.2	2.9	0.0103
RA132SA2	5.5	2880	89	0.89	11	6.5	2.4	3	0.0155
RA132SB2	7.5	2890	89	0.89	15	7	2.5	3.2	0.0185

Remarque : La tension linéaire nominale pour toutes les machines est égale à 380 V.

La fenêtre de réglage des paramètres du bloc universel de mesure des variables de la machine est représentée sur la fig. 3.3. Dans le menu contextuel du domaine *Machine type*, on donne le type de machine. On choisit les variables en les cochant dans le menu.

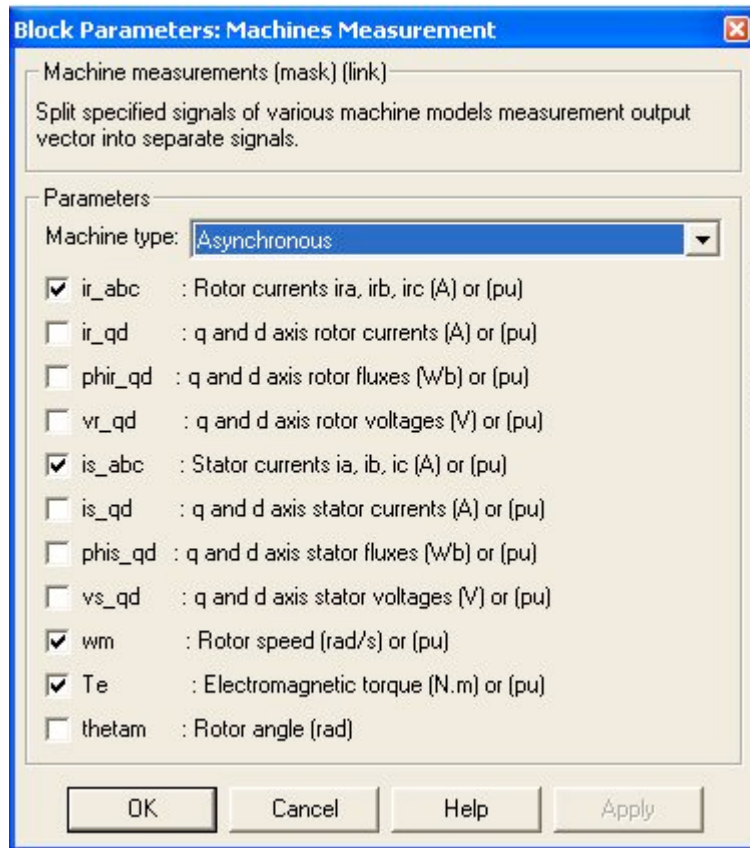


Fig. 3.3. Fenêtre de réglage des paramètres du bloc de mesures

La fenêtre de réglage des paramètres de la source d'alimentation est sur la fig. 3.4. Dans les domaines de la fenêtre on écrit:

- l'amplitude de la tension de phase de la source (V) ;
- la phase initiale en degrés ;
- la fréquence (Hz) ;
- la résistance interne ( $\Omega$ ) l'inductance de la source (H).

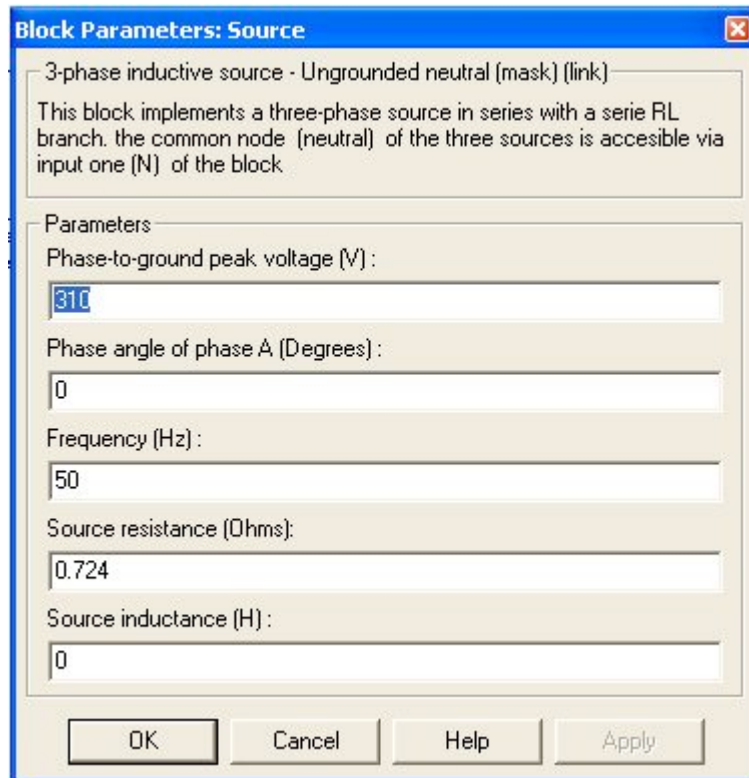


Fig. 3.4. Fenêtre de réglage des paramètres de la source d'alimentation triphasée

La tension et la fréquence de la source doivent correspondre aux paramètres de la machine asynchrone.

La fenêtre de réglage des paramètres du bloc de mesure de la puissance active et réactive est sur la fig. 3.5.

Ici on donne seulement un paramètre – la fréquence qui doit être égale à la fréquence de la source d'alimentation.

La fenêtre de réglage du *display* est sur la fig. 3.6. Dans les domaines de cette fenêtre, on indique le format de présentation des résultats numériques, dans celui de *décimation* (division) on donne le nombre de pas du calcul à travers lesquels les valeurs apparaissent sur l'écran. En mentionnant dans le domaine *Sample time* la valeur -1 on synchronise le travail du bloc avec le pas des calculs.

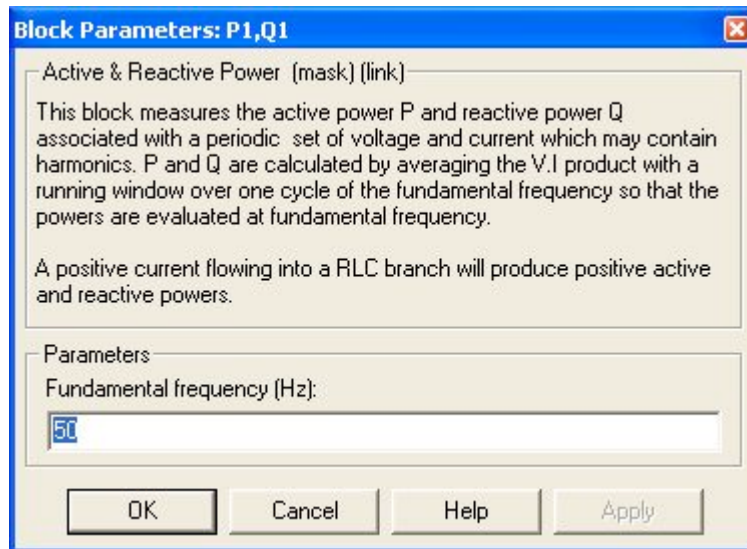


Fig. 3.5. Fenêtre de réglage du bloc de mesure de la puissance

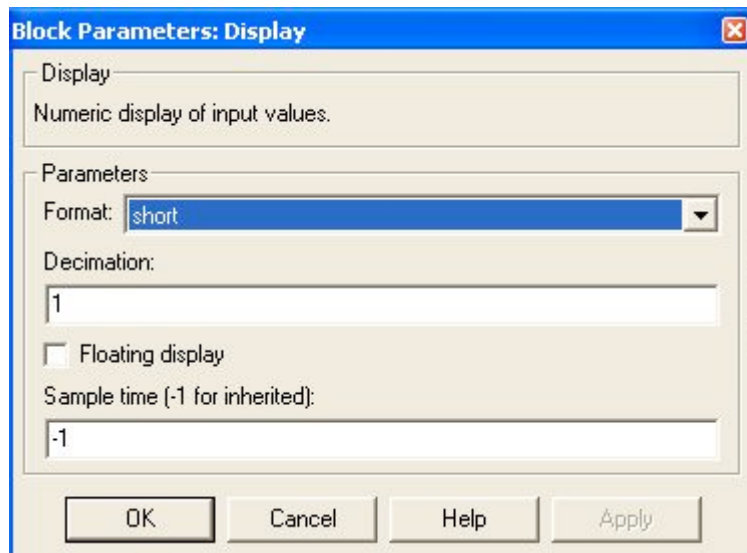


Fig. 3.6. Fenêtre de réglage des paramètres de Display

La fenêtre de réglage du bloc *Mux*, qui réunit deux signaux en un signal vectoriel est sur la fig. 3.7. Dans les domaines de cette fenêtre de réglage, on donne le nombre d'entrées et la vue extérieure du bloc.

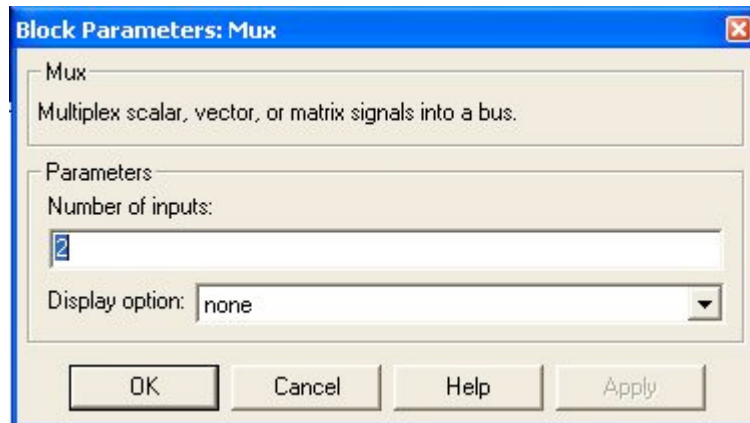


Fig. 3.7. Fenêtre de réglage du bloc Mux

### 5. L'ordre d'exécution du travail

Les paramètres de la machine asynchrone pour l'exécution du travail sont donnés par le professeur. Pour le travail individuel, on choisit ces données du tableau 3.1 et par calcul en se servant des données du recueil (voir théorie). La fenêtre de réglage des paramètres de modélisation est sur la fig. 3.8.

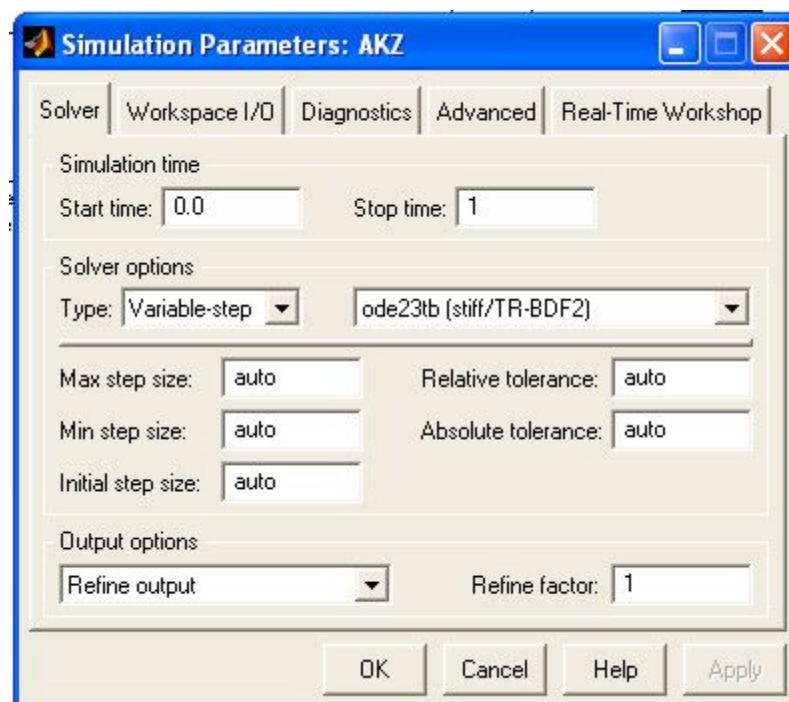


Fig. 3.8. Fenêtre de réglage des paramètres de la modélisation

Le relevé de la caractéristique mécanique de la machine en régime de moteur et de générateur en concordance avec le point 3.1 du contenu du travail s'effectue sur le modèle (fig. 3.1) en faisant varier le moment de charge sur toute l'échelle  $-1.5 - 1.5$  du nominal. Dans ce cas, pour chaque valeur du moment de charge on effectue l'expérience, tout en remplissant le tableau 3.2.

Tableau 3.2

M (Nm)	$\omega$ (rad/s)

Le relevé des caractéristiques de fonctionnement du moteur en accord avec le point 3.2 du contenu du travail s'effectue sur le modèle (fig.1) en variant le moment de charge dans les limites 0 – 1.2 du nominal. Dans ce cas on effectue l'expérience pour chaque valeur du moment de charge, tout en remplissant le tableau 3.3.

Tableau 3.3

Grandeurs mesurées						Grandeurs calculées				
M (Nm)	P1 (W)	Q1(Var)	U1(V)	I1(A)	$\omega$ (rad/s)	$\varphi$ (grad)	$\cos\varphi$	P2(W)	$\eta$ (%)	s(%)

Les calculs se font sur la base des expressions suivantes :

$$\varphi = \arctg \frac{Q_1}{P_1}, P_2 = M\omega, \eta = \frac{P_2}{P_1}, s = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}.$$

La caractéristique mécanique est construite sur la base des données des tableaux ci-dessus, et sur des graphiques séparés – les caractéristiques de fonctionnement.

Les courbes en fonction du temps des variables d'état de la machine peuvent être observées sur l'écran de l'oscilloscope (fig. 3.9). Ici on observe et le processus transitoire au cours du démarrage et les processus stabilisés.

#### 4. Le contenu du rapport

- 6.1. Le schéma du modèle et la description des blocs virtuels.
- 6.2. La caractéristique mécanique de la machine en régime de moteur et de générateur.
- 6.3. Les caractéristiques de fonctionnement de la machine en régime de moteur.

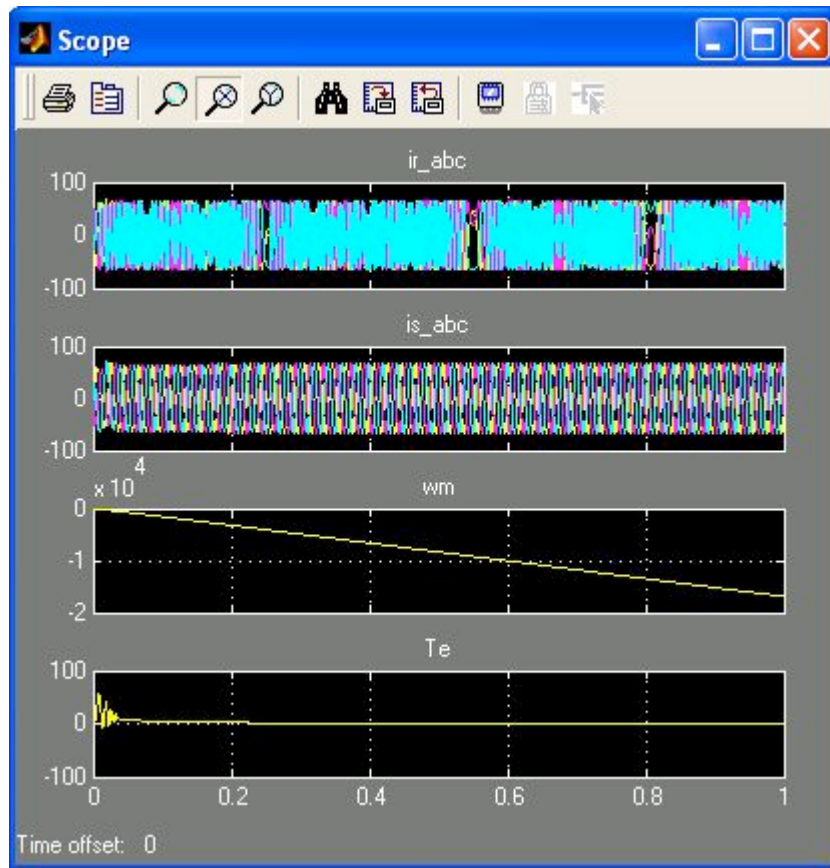


Fig. 3.9. Courbes représentatives des variables d'état en fonction du temps de la machine en régime de moteur

## LABORATOIRE N°4

### Etude de la machine asynchrone à rotor bobiné

#### 1. But du travail

L'étude de la machine asynchrone à rotor bobiné

#### 2. Les indications pour l'exécution du travail

Il est souhaitable de commencer ce laboratoire après l'étude théorique de la machine asynchrone triphasée à rotor bobiné. Pour cela, on peut se servir de n'importe quel document basé sur l'étude de ces types de machines.

#### 3. Le contenu du travail

Le relevé des caractéristiques mécaniques de la machine en régime de moteur.

#### 4. La description de l'installation du laboratoire virtuel

Le laboratoire virtuel est représenté sur la fig. 4.1.

En le comparant au modèle (fig. 3.1), on peut se rendre compte de leur entière ressemblance. La seule différence se trouve au niveau du rotor sur lequel sont branchées des résistances à valeurs égales  $R_1 = R_2 = R_3$ . La fenêtre de réglage de la machine asynchrone à rotor bobiné se diffère de celle de la machine à cage d'écurueil par l'expression « rotor bobiné » dans le domaine *Rotor type*.

Tous les autres blocs et leurs réglages restent sans changement (voir laboratoire N°3).

#### 5. Ordre d'exécution du travail

Les paramètres de la machine asynchrone pour l'exécution du laboratoire sont donnés par le professeur. En cas de travail individuel ces données peuvent être calculées en utilisant les données du recueil des données de la machine.

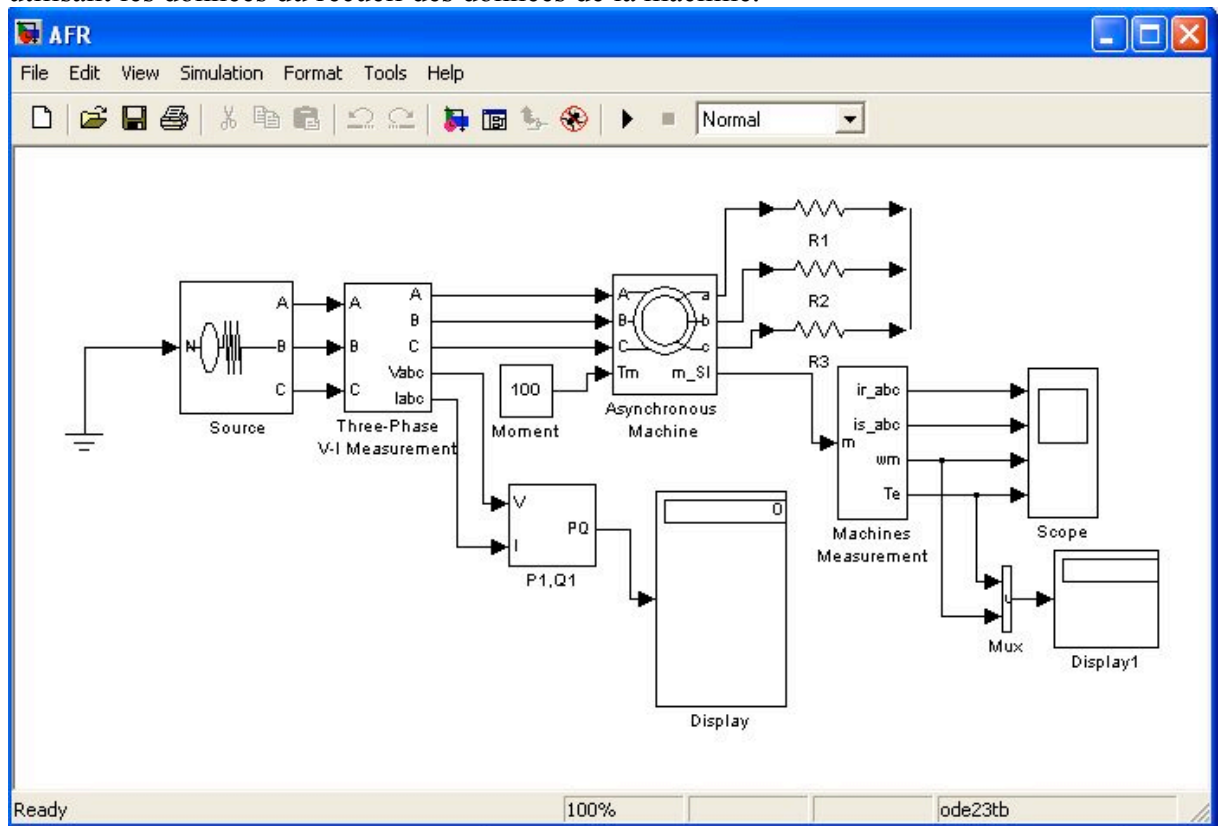


Fig. 4.1. Modèle pour l'étude de la machine asynchrone à rotor bobiné

Le relevé des caractéristiques mécaniques de la machine en régime de moteur en accord avec le point 3.1 du contenu du travail s'effectue sur le modèle (fig.4.1) en faisant varier le moment de charge de 0 à 1.4 du nominal et la résistance dans le circuit du rotor de 0 à  $5R_s$ . Dans ce cas l'ordre d'exécution est le suivant :

- on donne la valeur de la résistance du rotor :
- on effectue l'expérience pour chaque valeur du moment de charge, tout en remplissant le tableau 4.1.

Tableau 4.1

M (Nm)	$\omega$ (rad/s)

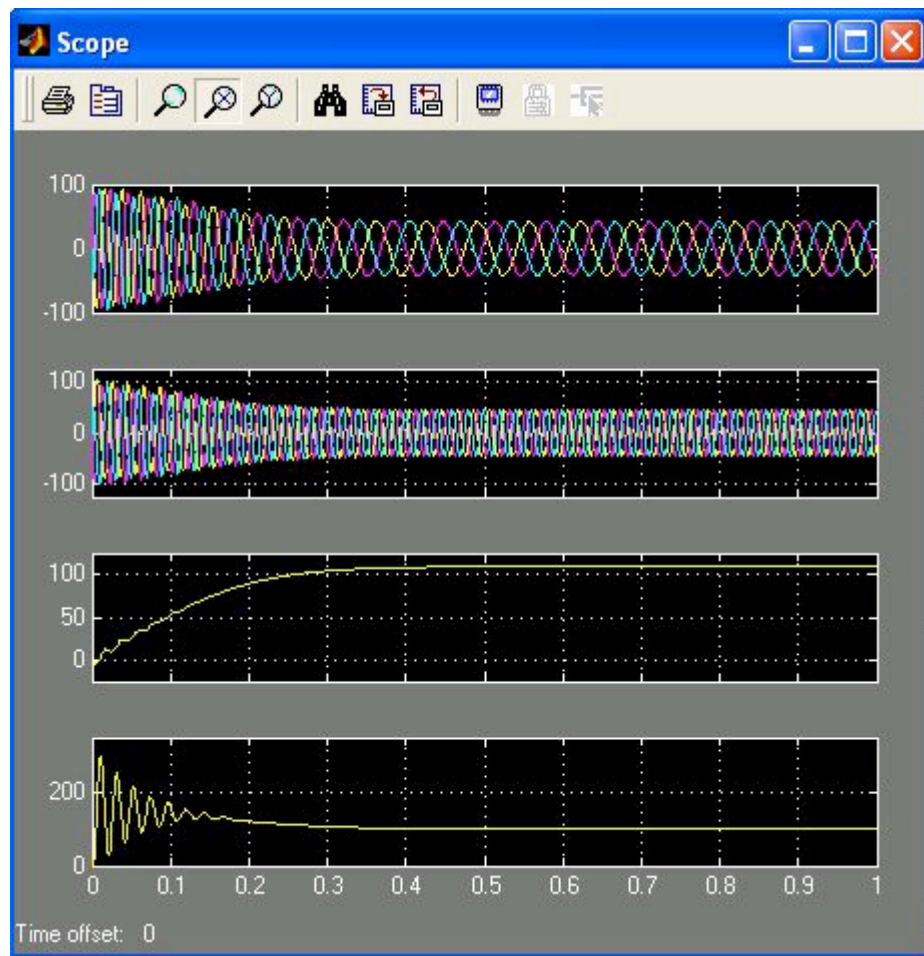
En utilisant les données du tableau 4.1 on construit les caractéristiques mécaniques du moteur.

Les courbes des variables d'état en fonction du temps peuvent être observées sur l'écran de l'oscilloscope (fig. 4.2). Ici on peut observer également le processus transitoire au cours du démarrage et les processus stabilisés.

#### **6. Le contenu du rapport**

Le schéma du modèle et la description des blocs virtuels.

Les caractéristiques mécaniques de la machine en régime de moteur.



*Fig. 4.2. Courbes représentatives des variables d'état en fonction du temps de la machine en régime de moteur*

## LABORATOIRE N°5

### L'étude de la machine asynchrone triphasée à cage d'écurueil alimentée à partir d'un réseau monophasé

#### 1. But du travail

L'étude de la machine asynchrone triphasée à cage d'écurueil alimentée à partir du réseau monophasé.

#### 2. Indications pour l'exécution du travail

Il est souhaitable de commencer ce laboratoire après l'étude théorique de la machine asynchrone triphasée à rotor bobiné. Pour cela, on peut se servir de n'importe quel document basé sur l'étude de ces types de machines.

#### 3. Contenu du travail

Le relevé de la caractéristique de la machine en régime de moteur.

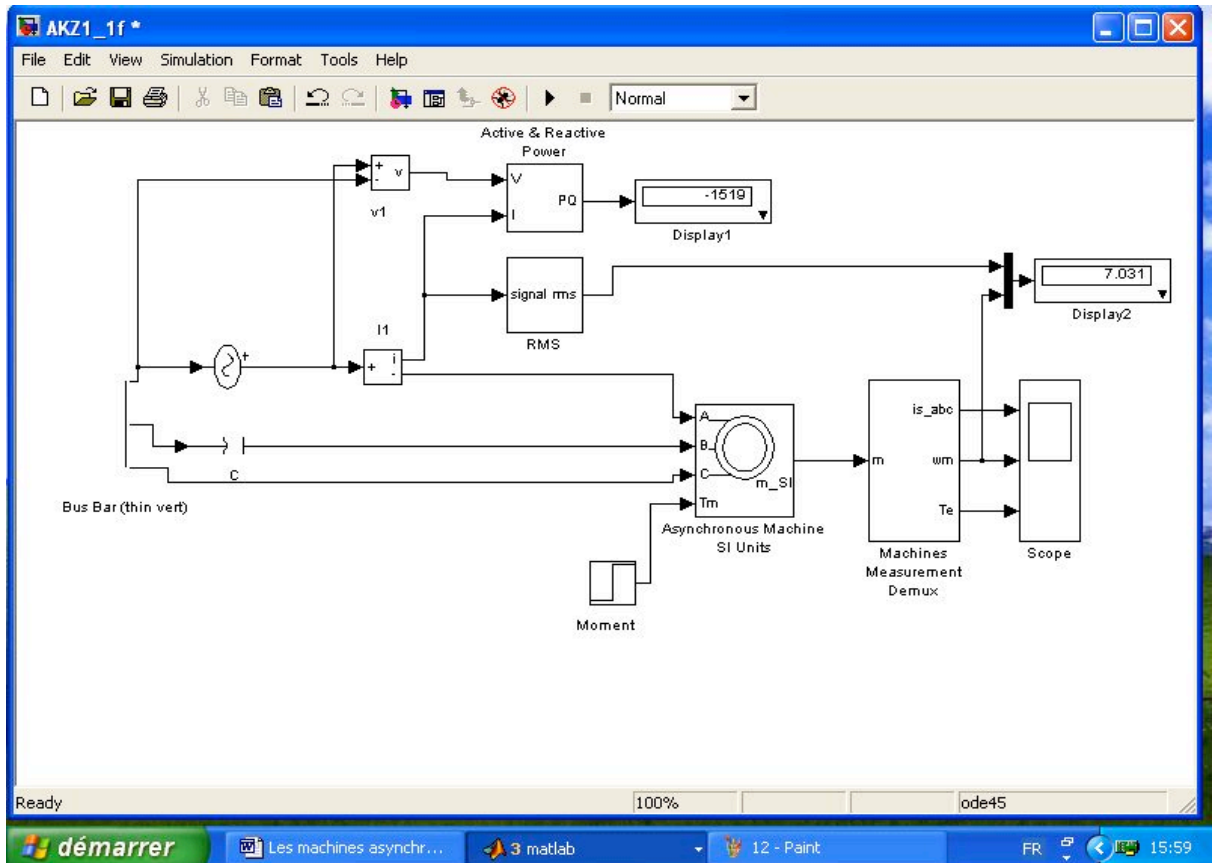
Le relevé des caractéristiques de fonctionnement de la machine en régime de moteur.

#### 4. Description de l'installation du laboratoire virtuel

Le laboratoire virtuel est représenté sur la fig. 5.1.

Il comprend :

- une source de tension alternative monophasée ;
- un condensateur C dans le circuit d'alimentation ;
- un bloc de mesure de tension et de courant dans la source d'alimentation V1, I1 ;
- une machine asynchrone triphasée *Asynchronous* ;
- un bloc de mesure des puissances active et réactive P, Q ;
- un bloc *Display1* pour une présentation quantitative des puissances mesurées ;
- un bloc *Moment* pour la fixation du moment mécanique sur l'arbre de la machine (bibliothèque *Simulink/Sinks*) ;
- un bloc *Machines Measurement* ;
- un bloc *RMS* pour la mesure du courant effectif ;



**Fig. 5.1** Modèle du moteur asynchrone triphasé alimenté à partir du réseau monophasé

- un bloc *Display2* pour une présentation quantitative du courant effectif (A) et de la vitesse (rad/s) ;
- un bloc *Mux*, qui réunit deux signaux en un signal vectoriel;
- un bloc *Scope* pour l'observation des courants du stator, ainsi que de la vitesse et du moment de la machine asynchrone.

La fenêtre de réglage des paramètres du schéma est représentée sur la fig. 5.2.

Les paramètres du schéma équivalent sont calculés de la même manière que ceux de la machine asynchrone branchée sur le réseau triphasé (laboratoire N°3, équations 2.32 – 2.41).

La fenêtre de réglage des paramètres du bloc universel de mesure des variables d'état est sur la fig. 5.3. Dans le menu contextuel du domaine *Machine type* on donne le type de machine. On choisit les variables de la mesure en les cochant.

La fenêtre de réglage des paramètres de la source d'alimentation est représentée sur la fig.5.4.

Dans les domaines de la fenêtre on mentionne :

- l'amplitude de la tension de la source (V) ;
- la phase initiale en degrés ;
- la fréquence (Hz).

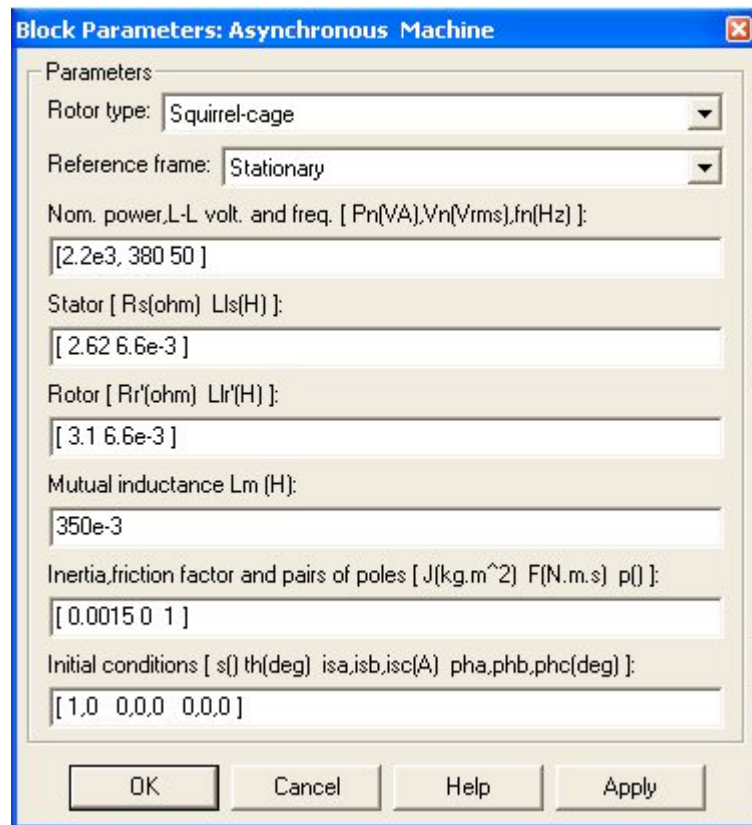


Fig. 5.2. Fenêtre de réglage des paramètres de la machine asynchrone

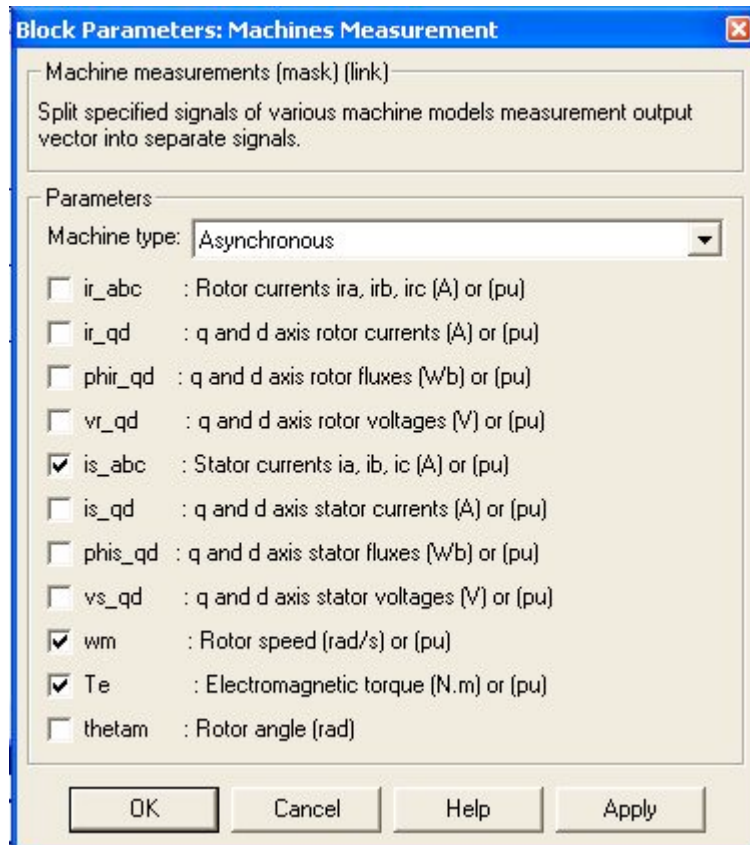


Fig. 5.3. Fenêtre de réglage des paramètres du bloc de mesure

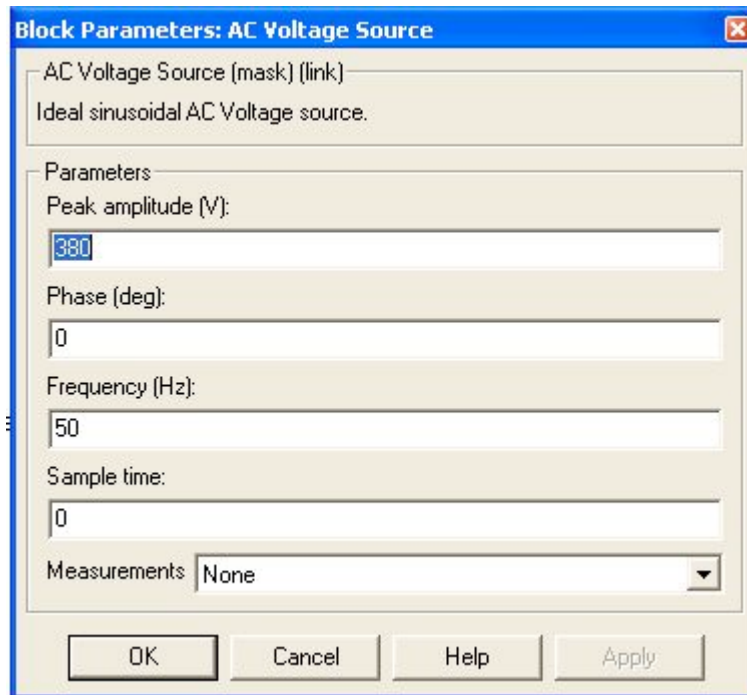


Fig. 5.4 Fenêtre de réglage des paramètres de la source d'alimentation

La tension et la fréquence de la source doivent correspondre aux paramètres de la machine asynchrone.

Les autres blocs ont été déjà décrits dans le laboratoire N°3.

##### 5. Ordre d'exécution du travail

Les paramètres de la machine asynchrone pour l'exécution du travail sont désignés par le professeur. Pour un travail individuel on peut se servir des données du tableau 1 et celles calculées sur la base des données du recueil. La fenêtre de réglage des paramètres de la modélisation est représentée sur la fig. 5.5.

Le relevé de la caractéristique mécanique de la machine en régime de moteur en accord avec le point 3.1 du contenu du travail s'effectue sur le modèle (fig. 5.1) en faisant varier le moment de charge de zéro à la valeur nominale. Dans ce cas pour chaque valeur du moment de charge on effectue la modélisation. L'engagement du moment de charge s'effectue avec un petit retard par rapport au début de la modélisation, et cela pour permettre la fin des processus transitoires lors du démarrage. La fenêtre de réglage du bloc *Moment* est montrée sur la fig. 5.6.

Le tableau 5.1 doit être rempli au fur et à mesure que l'expérience s'effectue

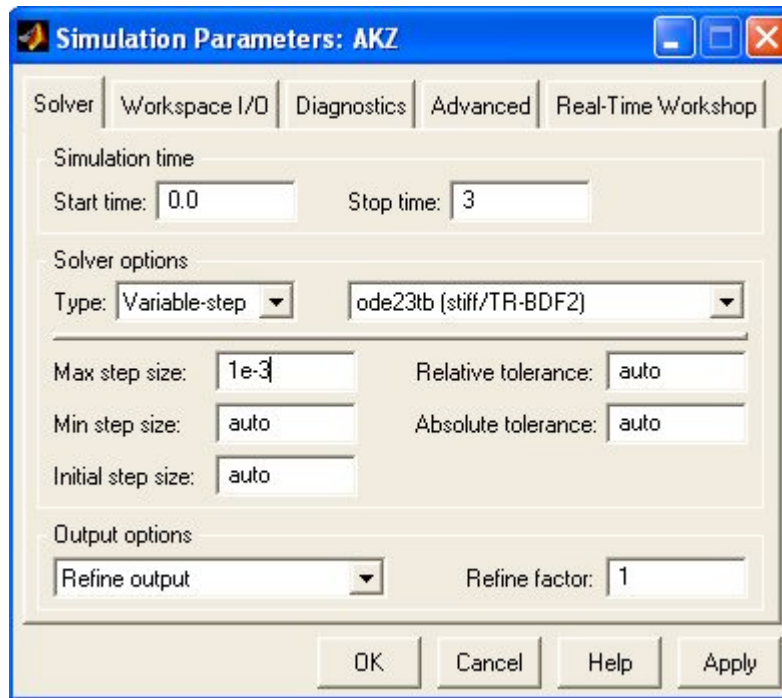


Fig. 5.5. Fenêtre de réglage des paramètres de la modélisation

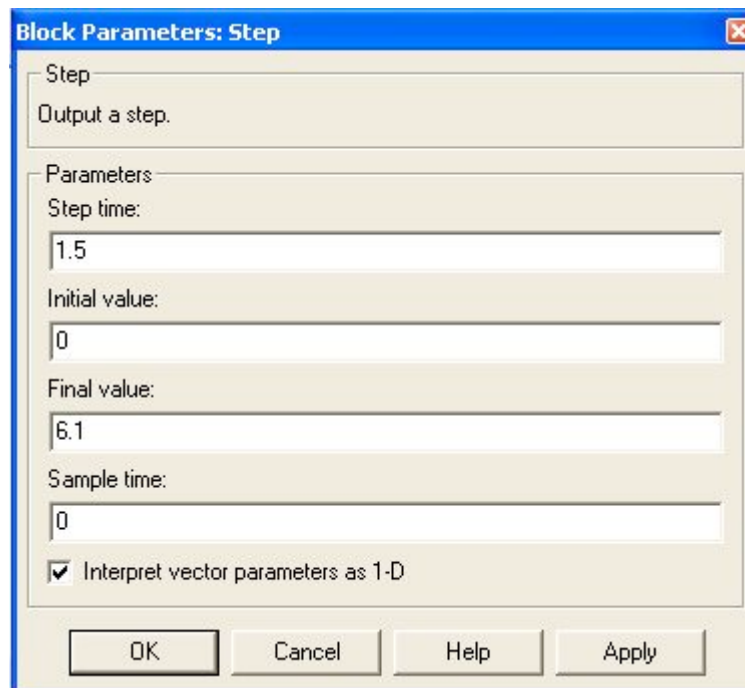


Fig. 5.6. Fenêtre de réglage des paramètres du bloc moment

Tableau 5.1

M (Nm)	$\omega$ (rad/s)

Le relevé des caractéristiques de fonctionnement du moteur en accord avec le point 3.2 du contenu du travail s'effectue sur le modèle (fig. 5.1) en faisant varier le moment de charge de zéro à la nominale. Dans ce cas, on effectue la modélisation pour chaque valeur du moment de charge, tout en reportant les résultats obtenus dans le tableau 5.2.

Tableau 5.2

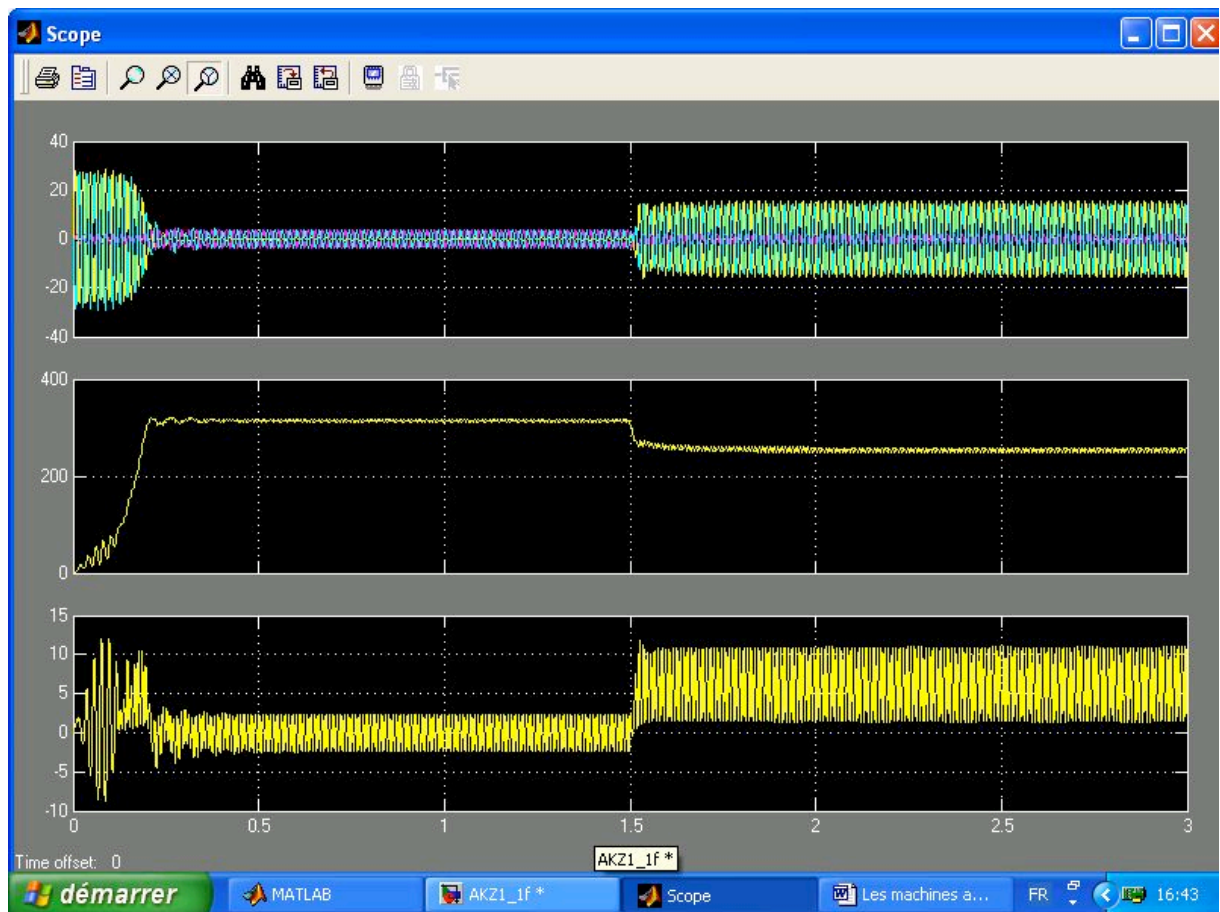
Grandeurs mesurées						Grandeurs calculées				
M (Nm)	P1 (W)	Q1(Var)	U1(V)	I1(A)	$\omega$ (rad/s)	$\varphi$ (grad)	$\cos\varphi$	P2(W)	$\eta$ (%)	s(%)

Les calculs se feront avec les expressions suivantes :

$$\varphi = \arctg \frac{Q_1}{P_1}, P_2 = M\omega, \eta = \frac{P_2}{P_1}, s = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}.$$

La caractéristique mécanique se trace sur la base des données des tableaux ci-dessus. Les caractéristiques de fonctionnement tracent sur des graphiques séparés.

Les courbes représentatives des variables d'état de la machine en fonction du temps peuvent être observées sur l'écran de l'oscilloscope (fig. 5.7). On peut constater sur ces figures les processus transitoires au cours du démarrage, et de l'engagement du moment de charge ainsi que les processus stabilisés.



*Fig.5.7 Courbes représentatives des variables d'état en fonction du temps de la machine en régime de moteur*

## **6. Le contenu du rapport**

Le schéma du modèle et la description des blocs virtuels.

La caractéristique mécanique de la machine en régime de moteur.

Les caractéristiques de fonctionnement de la machine en régime de moteur.