

Le logiciel de simulation  
Simulink  
Partie 2  
Exemples de modélisation

Professeur Ali Tahri  
Université des sciences et de la technologie d'Oran  
Mohamed Boudiaf

# 1. Introduction

Simulink est le logiciel de simulation couplé au logiciel de calcul MATLAB. Simulink manipule des *blocs fonctionnels* disponibles dans des bibliothèques spécialisées et qu'on copie dans une fenêtre d'édition en les reliant selon le schéma-bloc pour représenter le système à étudier.

Simulink communique parfaitement avec MATLAB dont il profite de toutes les fonctionnalités. Il est possible, par exemple, de recueillir la réponse d'un modèle et de la visualiser dans MATLAB pour l'annoter et l'analyser.

Dans Simulink un schéma se substitue aux équations pour constituer le *modèle*. Les équations différentielles représentatives du fonctionnement du système physique modélisé sont sous-jacentes (en dessous). Le logiciel *simule* le comportement du modèle représentatif du système en calculant, pas après pas, les points du signal de sortie dès lors qu'il connaît ceux du signal d'entrée et le point de départ (conditions initiales)

On va utiliser Simulink pour modéliser des systèmes physiques en *blocs fonctionnels* disponibles dans des bibliothèques spécialisées et qu'on copie dans une fenêtre d'édition en les reliant selon le schéma-bloc pour représenter le système à étudier.

## 2. Modélisation d'un circuit électrique

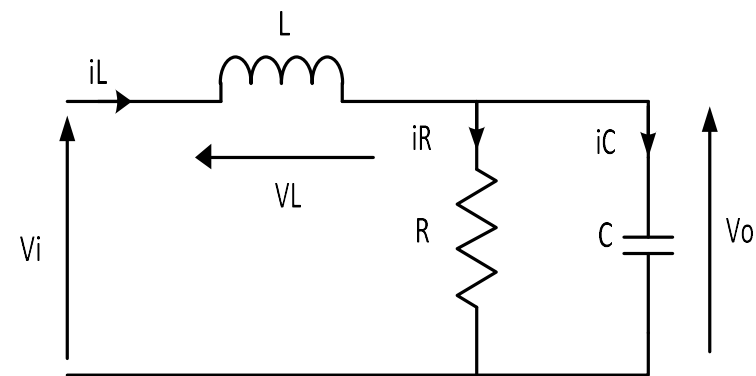
Un circuit électrique est donné par la figure ci-dessous et dont l'équation du modèle mathématique est la suivante :

Réaliser un modèle du circuit sous Simulink avec  $v_i$  la variable d'entrée et  $v_o$  et  $i_L$  les variables de sortie.

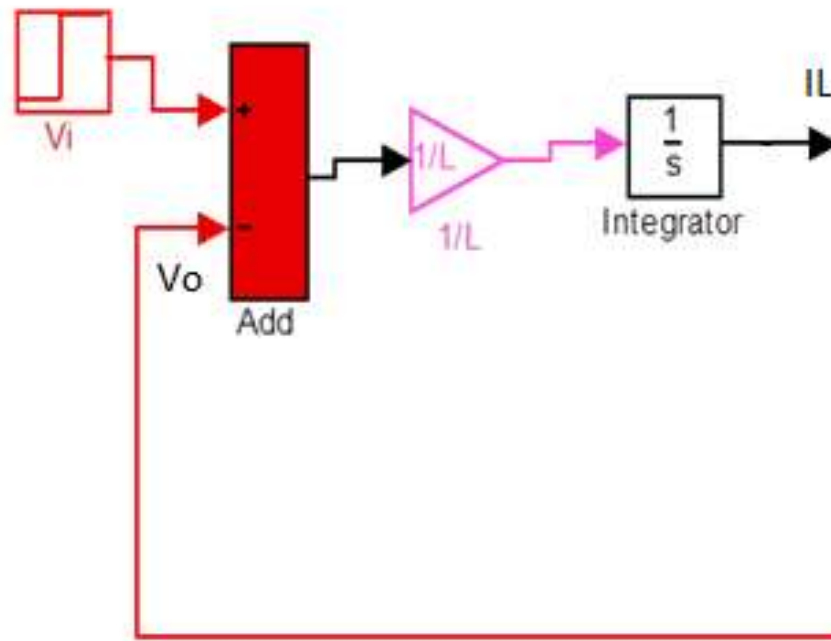
$$v_i(t) = v_o(t) + L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow i_L(t) = \frac{1}{L} \int (v_i(t) - v_o(t)) dt$$

$$i_L(t) = i_R(t) + C \frac{dv_o}{dt} \Rightarrow v_o(t) = \frac{1}{C} \int (i_L(t) - i_R(t)) dt$$

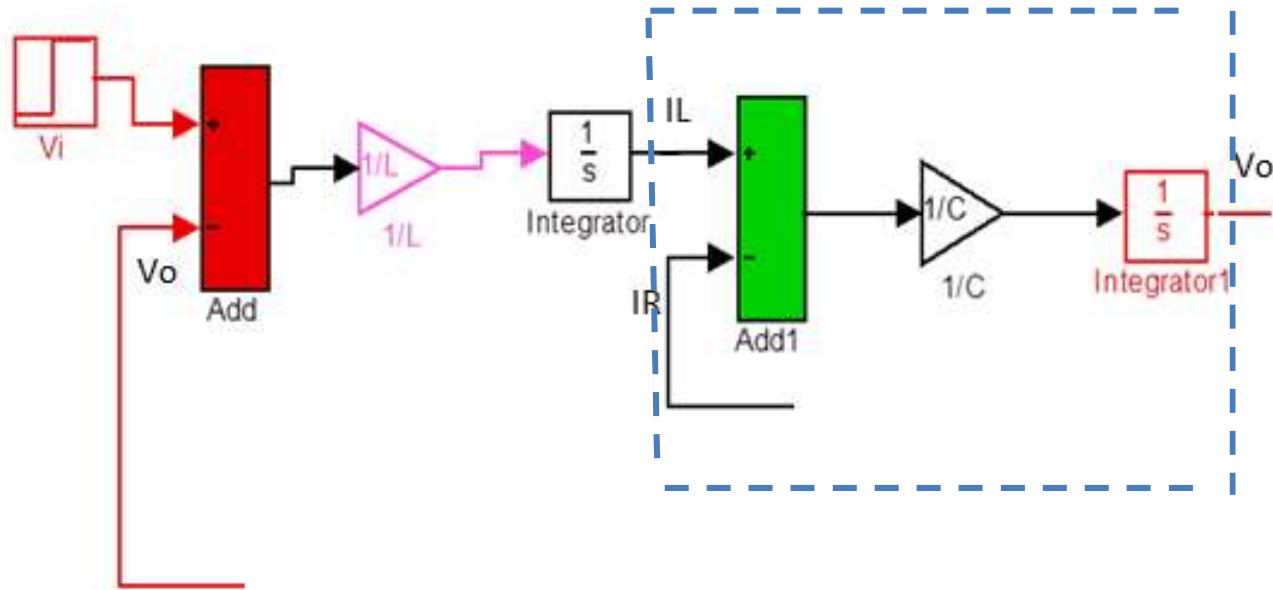
$$i_R(t) = \frac{v_o(t)}{R}$$



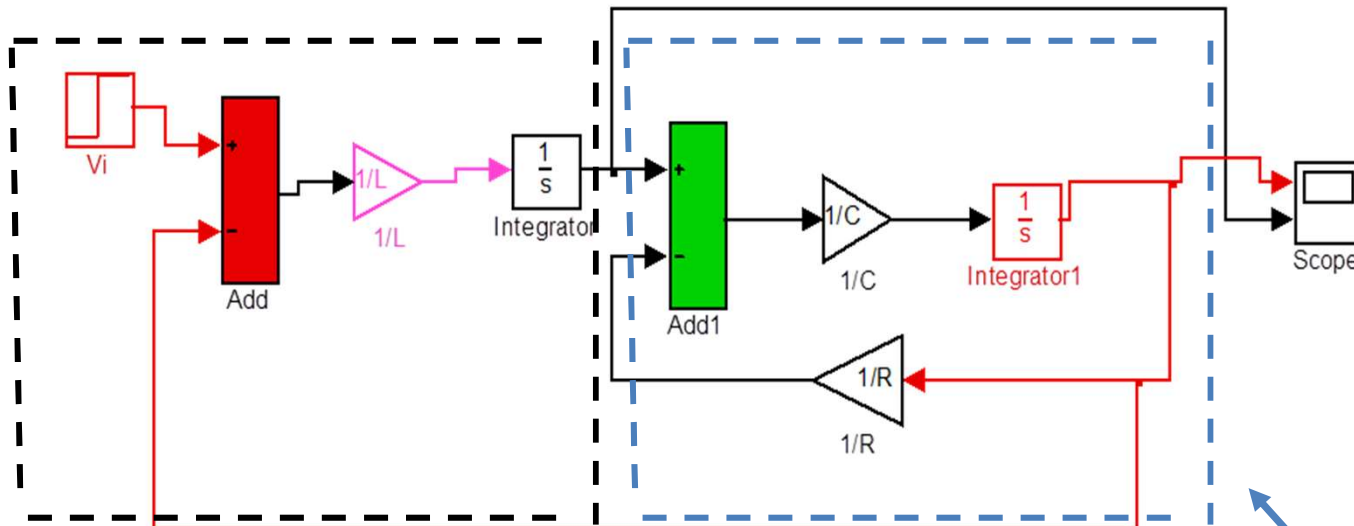
$$v_i(t) = v_o(t) + L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow i_L(t) = \frac{1}{L} \int (v_i(t) - v_o(t)) dt$$



$$i_L(t) = i_R(t) + C \frac{dv_o}{dt} \Rightarrow v_o(t) = \frac{1}{C} \int (i_L(t) - i_R(t)) dt$$



$$v_i(t) = v_o(t) + L \frac{di_L}{dt} \Rightarrow i_L(t) = \frac{1}{L} \int (v_i(t) - v_o(t)) dt$$



$$i_L(t) = i_R(t) + C \frac{dv_o}{dt} \Rightarrow v_o(t) = \frac{1}{C} \int (i_L(t) - i_R(t)) dt$$

### 3. Modélisation d'un moteur à courant continu

L'actionneur le plus connu dans la commande des systèmes est le moteur à courant continu.

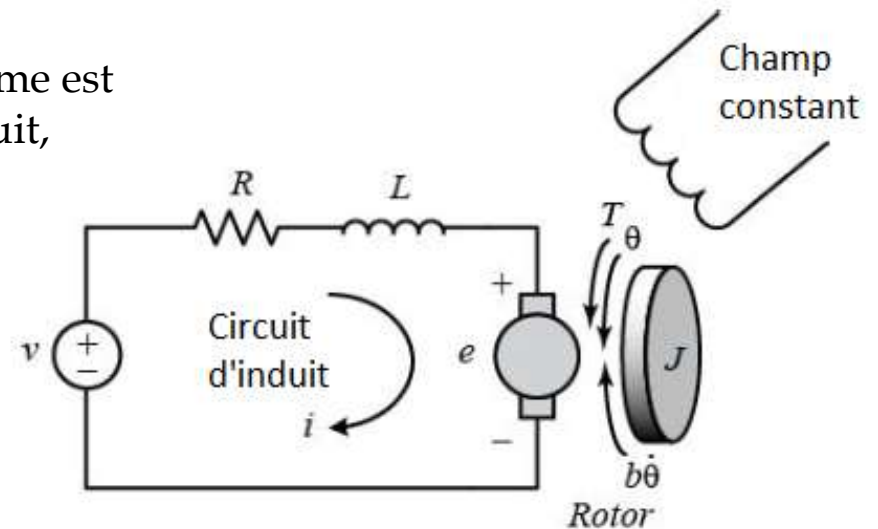
Pour cet exemple, on assume que l'entrée du système est la source de tension ( $V$ ) appliquée au circuit d'induit, alors que la sortie est la vitesse de

rotation de l'arbre  $\frac{d\theta}{dt}$ .

L'arbre et le rotor sont supposés rigides et le modèle des frottements régit par le couple de frottement est proportionnel à la vitesse angulaire de l'arbre.

Les paramètres physiques pour notre exemple sont :

- (J) moment d'inertie du rotor  $0.01 \text{ kg.m}^2$
- (b) constante de frottement  $0.1 \text{ N.m.s}$
- (Ke) constante de force électromotrice  $0.01 \text{ V/rad/sec}$
- (Kt) constante du couple moteur  $0.01 \text{ N.m/A}$
- (R) résistance électrique  $1 \text{ Ohm}$
- (L) inductance  $0.5 \text{ H}$



En général le couple généré par le moteur à courant continu est proportionnel au courant d'induit et la force du champ magnétique d'excitation. Dans cet exemple, on va considérer que le champ magnétique d'excitation est constant, ainsi le couple du moteur est proportionnel seulement au courant d'induit par une constante  $K_t$ .

$$T = K_t i \quad (1)$$

La force contre électromotrice,  $e$ , est proportionnelle à la vitesse angulaire de l'arbre par une constante de temps  $K_e$ .

$$e = K_e \dot{\theta} \quad (2)$$

En système SI, le couple du moteur et la force contre électromotrice sont égaux,  $K_t = K_e$ ; Cependant, on va utiliser dans la suite du travail  $K$  qui représentera les deux constantes celle du couple du moteur et celle de la force contre électromotrice.



En appliquant la loi de Newton et la loi de Kirchoff au système du moteur, on a les équations suivantes :

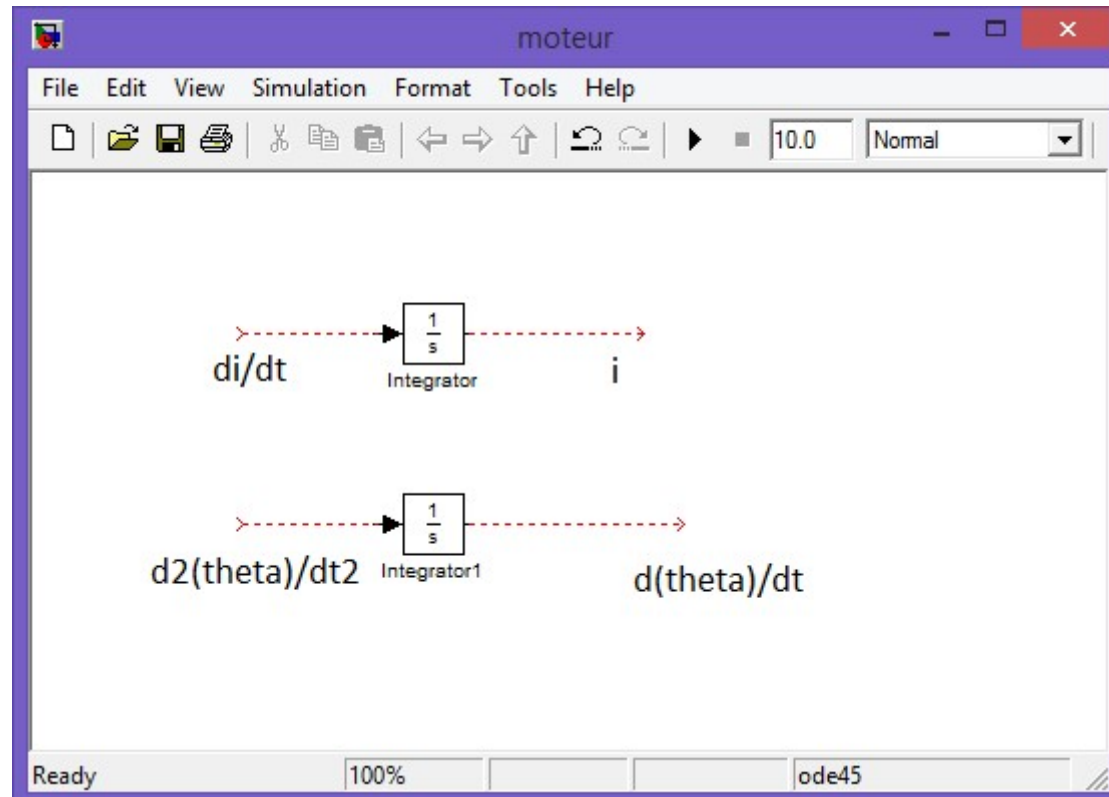
Equation mécanique  $J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{J} \left( K_t i - b \frac{d\theta}{dt} \right)$  (3)

Equation électrique  $L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left( -Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt} \right)$  (4)

Ce système va être modéliser en assumant que le couple agit sur l'inertie du rotor et en intégrant l'accélération pour obtenir la vitesse.

$$\int \frac{d^2\theta}{dt^2} dt = \frac{d\theta}{dt} \quad (5)$$

$$\int \frac{di}{dt} dt = i \quad (6)$$

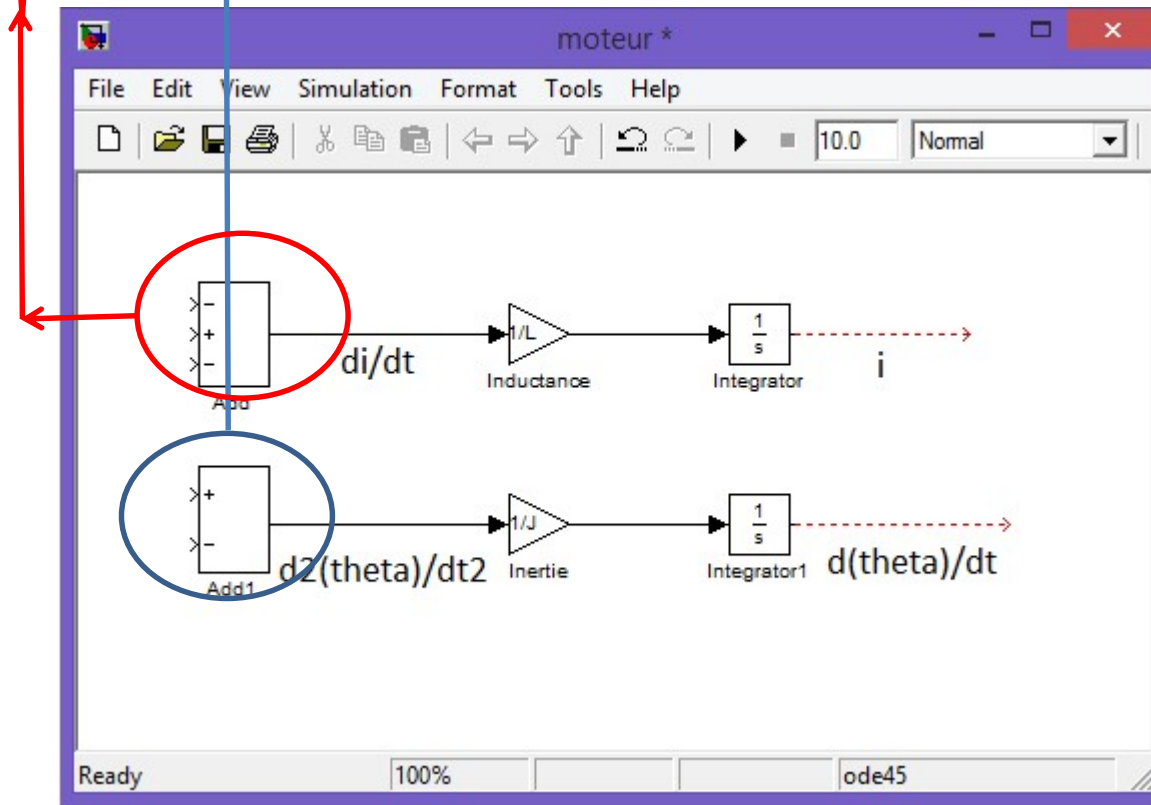


$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{J} \left( K_t i - b \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (3)$$

$$L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left( -Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (4)$$

L'accélération angulaire est égale à  $1 / J$  multiplié par la somme de deux termes (un positif et l'autre négatif).

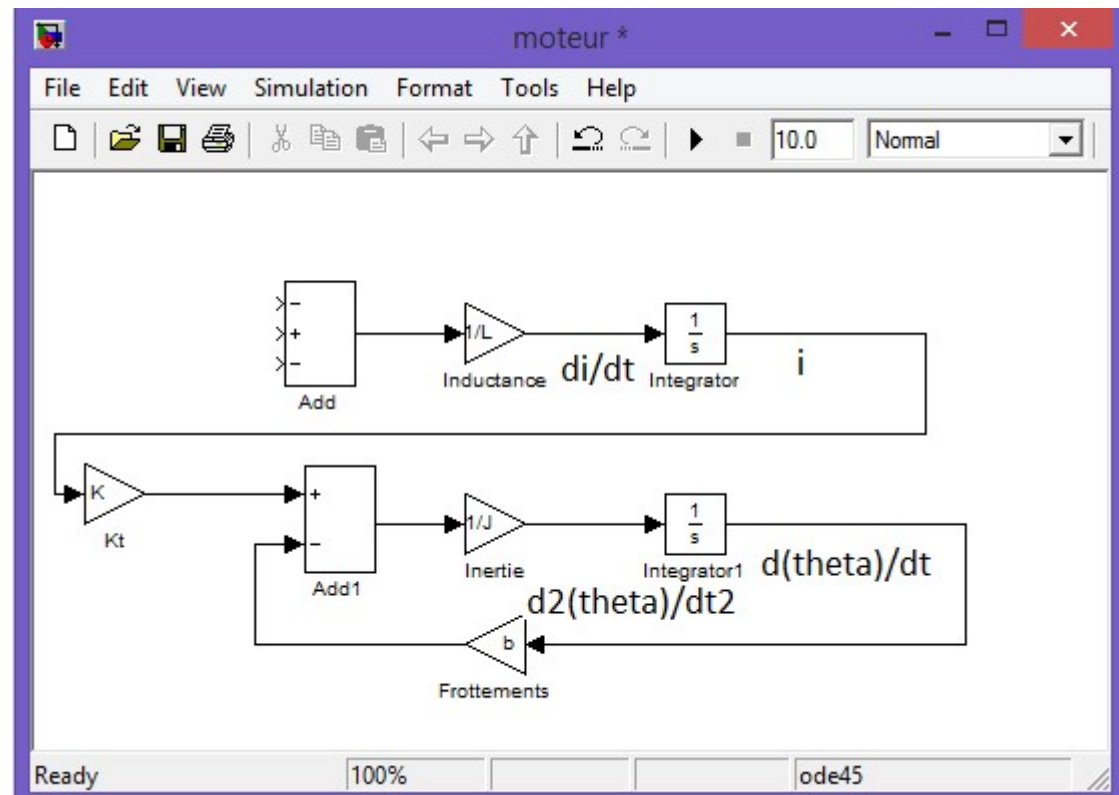
Similaire la dérivée du courant est égale à  $1 / L$  multiplié par la somme de trois termes (un positif et deux négatifs).



$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{J} \left( K_t i - b \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (3)$$

$$L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left( -Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (4)$$

On ajoute le bloc de l'inductance qui est le bloc Gain qu'on a renommé en Inductance et un autre bloc Gain en Inertie. les blocs du couple  $K_t$  et des frottements  $b$  sont ajoutés au additionneur Add1

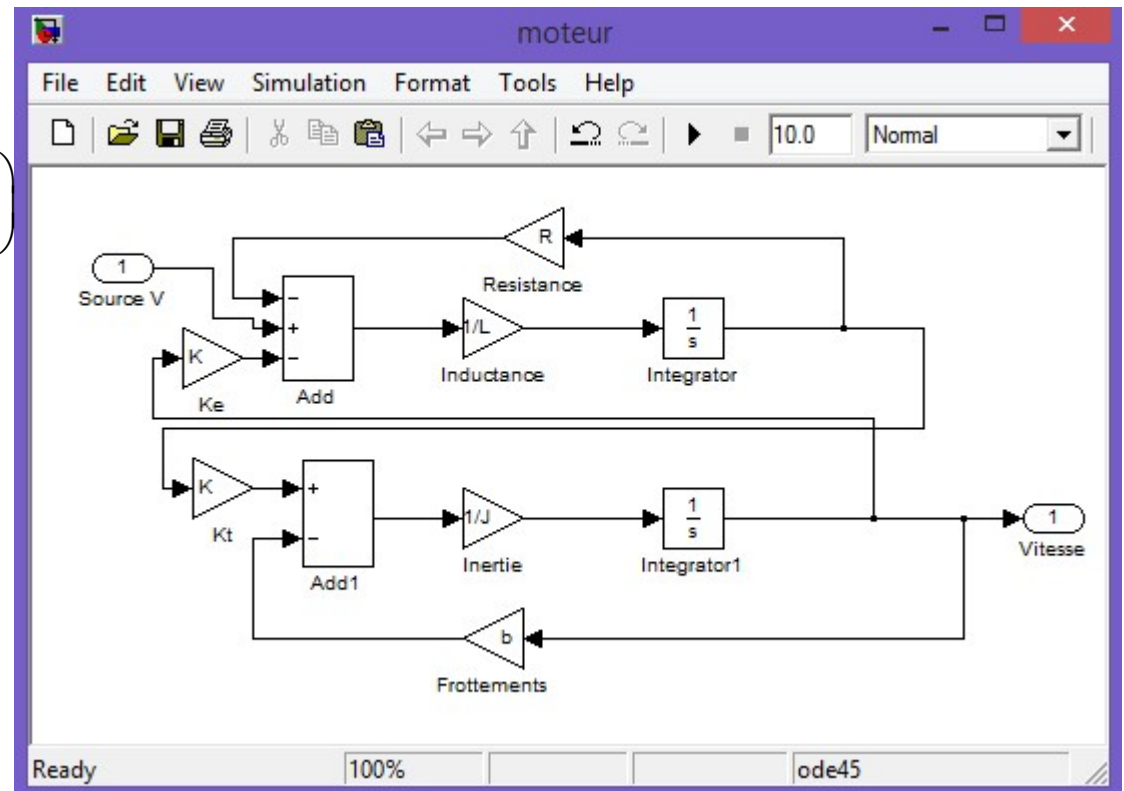


Maintenant, on va ajouter le terme de la source de tension qui est représentée dans l'équation électrique. En premier, on ajoute la chute de tension causée par la résistance.

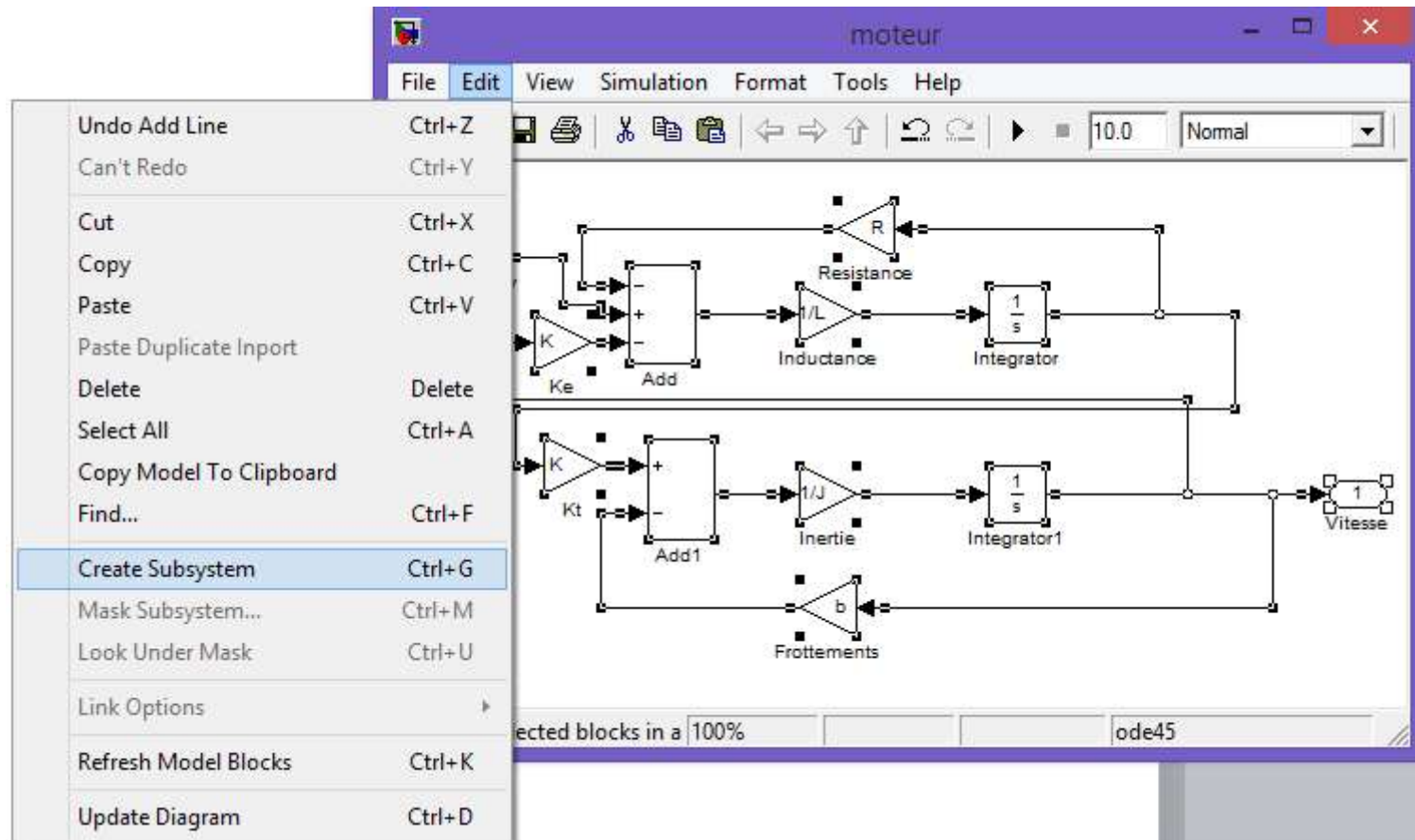
On ajoute les blocs In1 et Out1 de la library Simulink/Ports & Subsystems et respectivement on les renomme "Source V" et "Vitesse".

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{1}{J} \left( K_t i - b \frac{d\theta}{dt} \right)$$

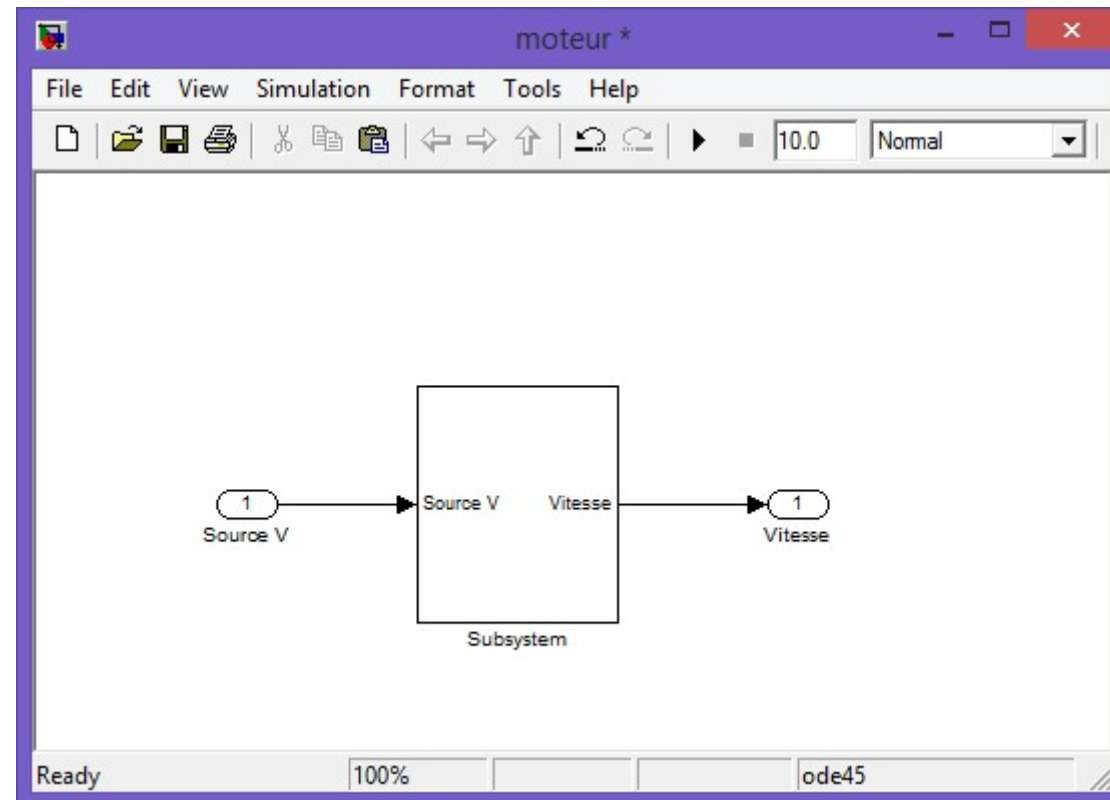
$$L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left( -Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt} \right)$$



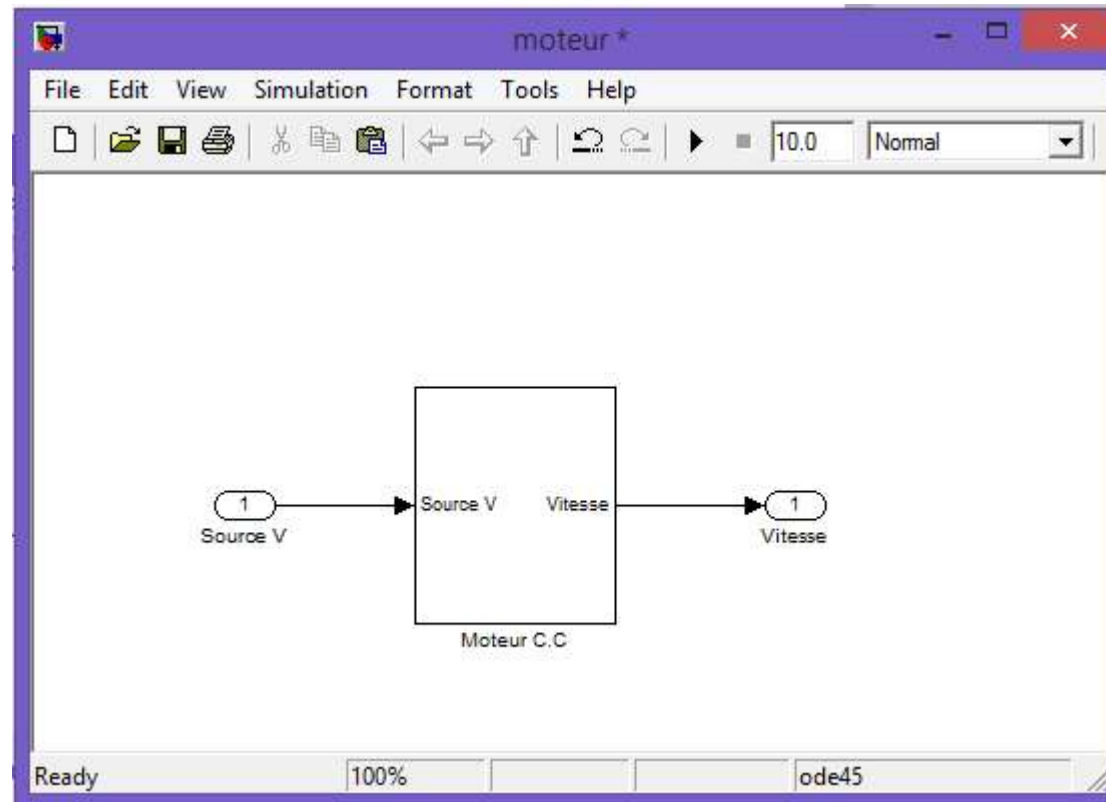
Maintenant, on va sélectionner le modèle pour créer un Subsystem.



Ainsi le Subsystem a été créé.

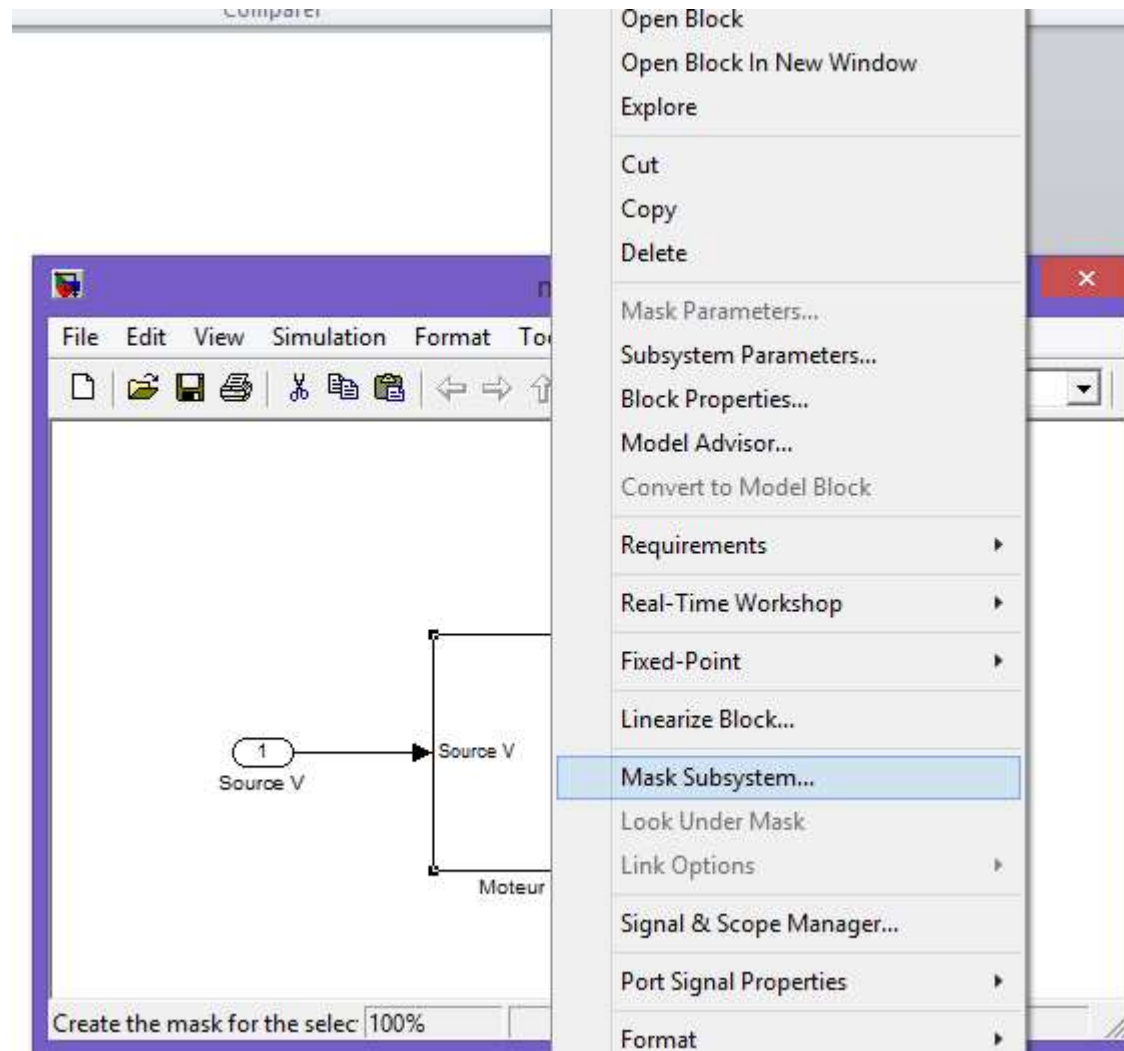


On peut renommer le Subsystem en Moteur C.C.

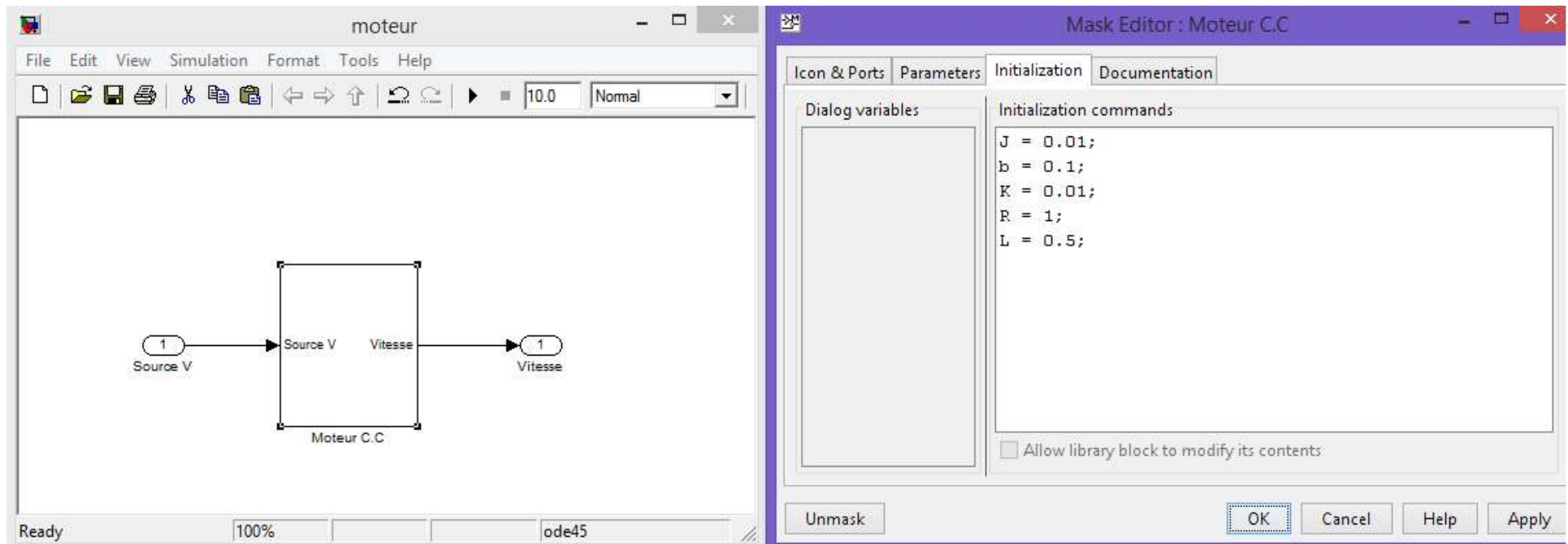




Le Subsystem en Moteur C.C peut être masquer pour introduire dans le modèle les valeurs des paramètres électriques et mécaniques.



La fenêtre Mask Editor apparaît les paramètres sont copiés dans Initialisation.  
Ainsi les valeurs des paramètres sont définit à l'intérieur du modèle.



Essayant maintenant de simuler notre modèle, pour cela ajoutant un échelon à l'entrée et un oscilloscope à la sortie.

The image shows a Simulink model window titled "moteur \*" and a "Source Block Parameters: Step Source en e..." dialog box.

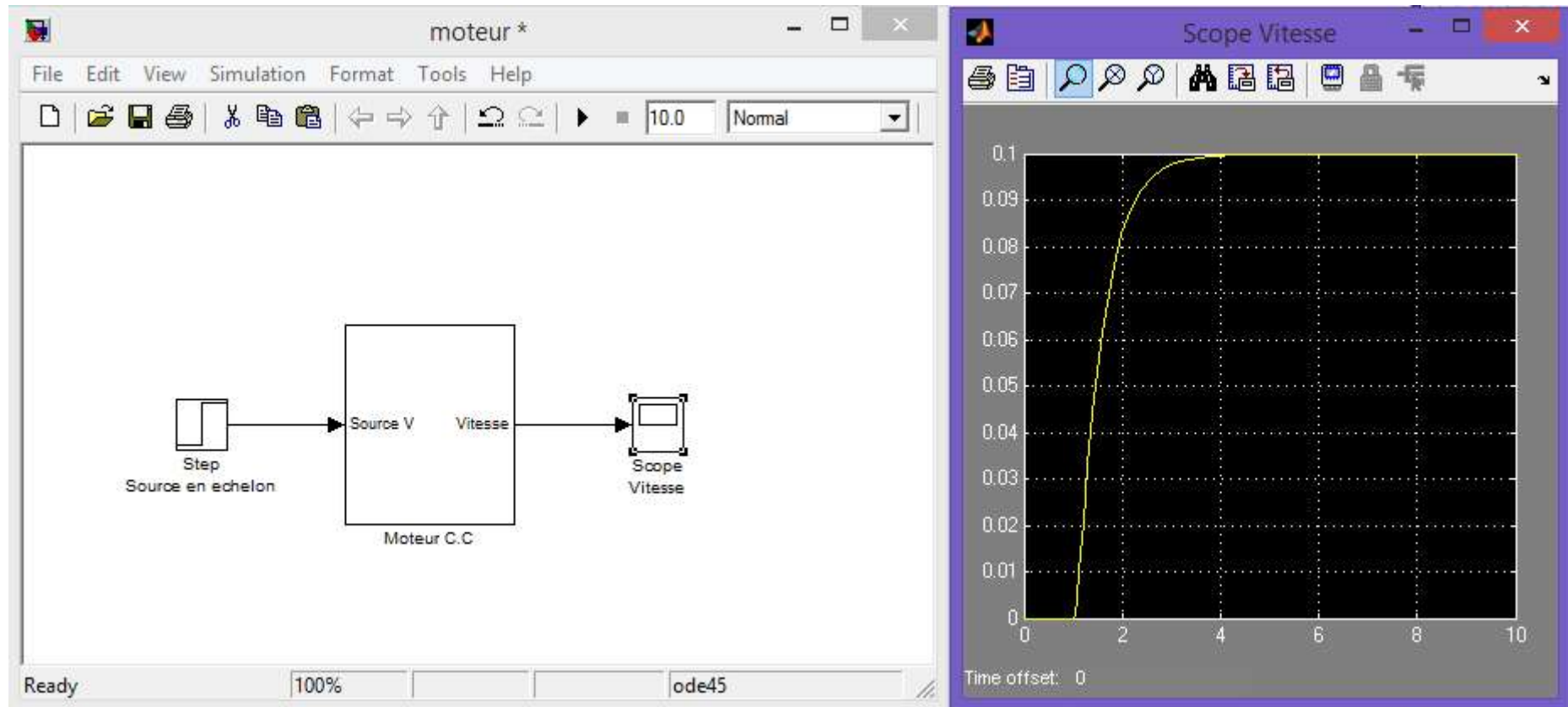
**Simulink Model:**

- The model consists of three blocks connected in series:
  - Step Source en échelon:** A step function block.
  - Source V Vitesse:** A block representing the motor's input, labeled "Moteur C.C."
  - Scope Vitesse:** An oscilloscope block to monitor the output.

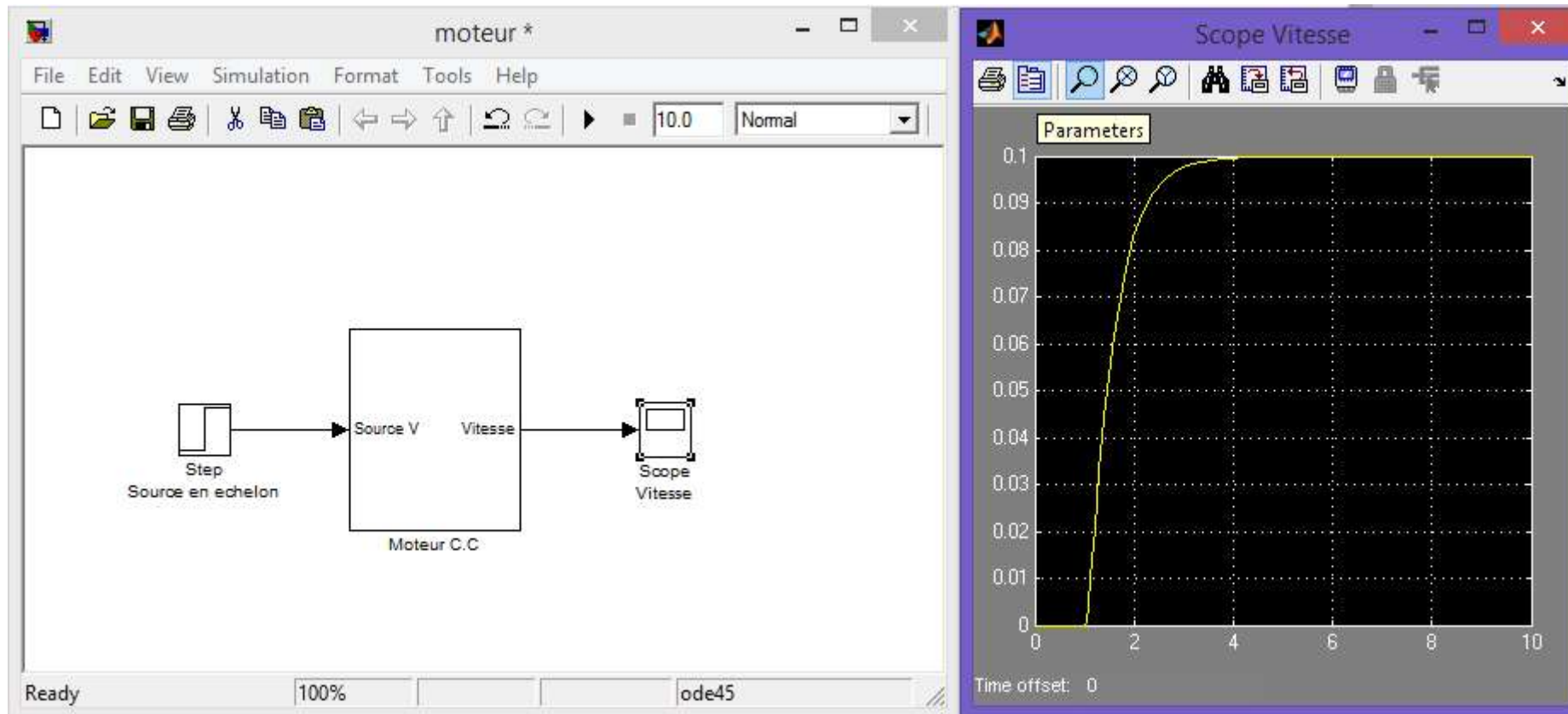
**Source Block Parameters: Step Source en e... Dialog:**

- Step:** Output a step.
- Parameters:**
  - Step time:** [ ]
  - Initial value:** 0
  - Final value:** 1
  - Sample time:** 0
  - Interpret vector parameters as 1-D
  - Enable zero-crossing detection
- Buttons:** OK, Cancel, Help

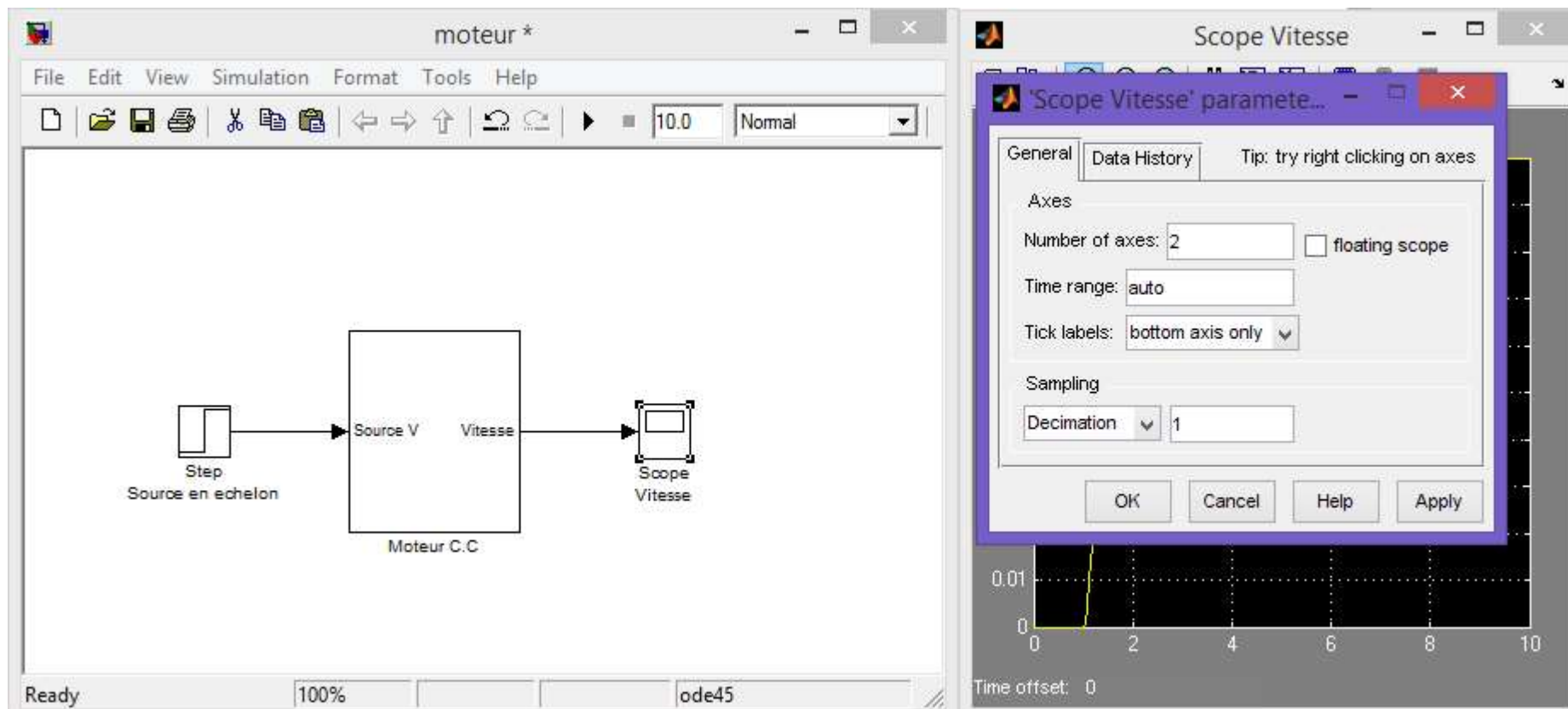
Après simulation du système et double click sur Scope, on remarque l'allure de la vitesse.



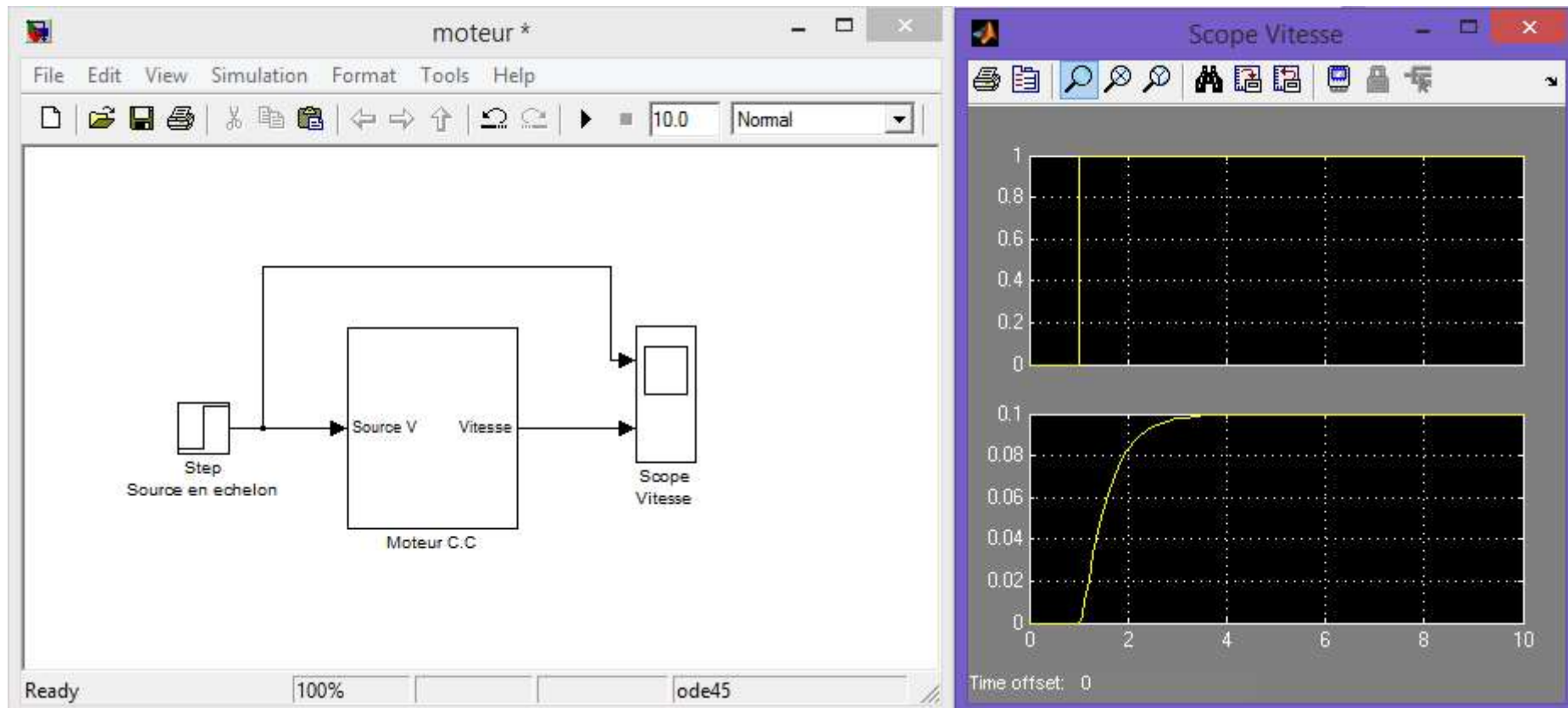
On ouvre les paramètres du Scope en cliquant sur le deuxième bouton qui est parameters.



Mettant dans la case Number of axes le nombre 2.



On peut ainsi visualiser l'entrée sur le premier axe et la sortie sur deuxième axe.



Merci

pour

votre Attention