



# Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Présentation – Formation  
Matlab – Simulink – Simscape

David Letranchant  
Lycée Blaise Pascal Châteauroux

[dletranchant@ac-orleans-tours.fr](mailto:dletranchant@ac-orleans-tours.fr)

Nombreuses ressources sur le site de mathworks :  
[http://www.mathworks.fr/products/?s\\_cid=global\\_nav](http://www.mathworks.fr/products/?s_cid=global_nav)

Webinars sur le site de mathworks :  
[http://www.mathworks.fr/company/events/webinars/upcoming.html?s\\_cid=global\\_nav](http://www.mathworks.fr/company/events/webinars/upcoming.html?s_cid=global_nav)

# Sommaire

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Introduction.....   | 1  |
| 2       | Matlab .....  | 2  |
| 2.1     | Présentation.....   | 2  |
| 2.2     | Fenêtre Principale .....  | 2  |
| 3       | Simulink.....   | 3  |
| 3.1     | Présentation de Simulink .....  | 3  |
| 3.2     | Aide sous Simulink.....   | 6  |
| 3.3     | Création de modèles.....  | 6  |
| 3.3.1   | Exemple 1 : sinus .....   | 7  |
| 3.3.2   | Exemple 2 : sinus tri .....   | 8  |
| 3.3.3   | Exemple 3 : redressement mono alternance.....   | 8  |
| 3.3.4   | Exemple 4 : système 1 <sup>er</sup> ordre.....  | 9  |
| 3.3.5   | Exemple 5 : barre de navire .....   | 10 |
| 3.3.6   | Exemple 6 : régulation d'un four.....   | 11 |
| 4       | Simscape .....  | 13 |
| 4.1     | Aide sous Simscape .....  | 13 |
| 4.2     | Présentation de Simscape.....   | 13 |
| 4.3     | Les bibliothèques des domaines de base .....  | 14 |
| 4.3.1   | Exemple 1 : redressement mono alternance.....   | 15 |
| 4.3.2   | Exemple 2 : analogie système mécanique – système électrique.....  | 16 |
| 4.3.3   | Exemple 3 : modélisation moteur CC entraînant charge inertielle d'inertie "J" avec frottement visqueux "b" .....              | 17 |
| 4.3.4   | Exemple 4 : échange thermique par conduction .....  | 24 |
| 4.3.5   | Exemple 5 : échanges thermiques dans une pièce .....  | 26 |
| 4.3.5.1 | Simple ou double vitrage ou gaz argon ?.....  | 26 |
| 4.3.5.2 | Simple, double vitrage, gaz argon et échange thermique par les murs.....  | 31 |
| 4.3.5.3 | Double vitrage, échange thermique par les murs et isolation .....   | 37 |
| 4.3.5.4 | Double vitrage, échange thermique par les murs, isolation et chauffage .....  | 41 |
| 4.3.6   | Exemple 6 : application sur un caisson dans le cadre d'un PPE en TermS.....   | 48 |
| 4.3.7   | Exemple 7 : modélisation d'une maison complète (site pairformance) .....  | 54 |
| 4.4     | SimElectronics, SimMechanics, SimPowerSystems .....   | 58 |
| 4.4.1   | Exemple 1 : SimElectronics : MLI en dynamique.....  | 59 |
| 4.4.2   | Exemple 2 : Domaines de base/SimPowerSystems : redressement double alternance .....   | 60 |
| 4.4.3   | SimPowerSystems : MCC (présentation) .....  | 61 |
| 4.4.4   | Exemple 3 : SimPowerSystems : MCC à excitation séparée à vide.....  | 62 |
| 4.4.5   | Exemple 4 : SimPowerSystems : MCC à excitation séparée en charge .....  | 63 |
| 4.4.6   | SimPowerSystems : MAS (présentation).....   | 64 |
| 4.4.7   | Exemple 5 : SimPowerSystems : démarrage d'une MAS .....   | 65 |
| 4.5     | Démos Matlab.....   | 68 |
| 4.5.1   | Exemple 1 : depuis l'aide du bloc DC Machine : démarrage d'une MCC .....  | 68 |
| 4.5.2   | Exemple 2 : depuis les démos de Simscape : Thermal Systems : système de chauffage d'une maison : "House Heating System" ..... | 69 |

# **1 Introduction**

Ce document a été conçu dans le but de regrouper dans un ouvrage la majorité des commandes et fonctionnalités utiles à la conception et à la simulation de modèles sous Matlab/Simulink/Simscape.

Ce document n'a aucune vocation à faire de vous des professionnels de Simulink/Simscape, il est là comme un outil d'aide à la conception sous Simulink/Simscape et son usage dépendra de ce que chacun en fera, selon ses compétences propres et son désir d'investigation personnel.

Il est néanmoins utile de savoir quelles sont les possibilités offertes par Simulink/Simscape, et jusqu'où nous pouvons aller afin de concevoir des modèles les plus accessibles à nos élèves, et d'exploiter les résultats de la manière la plus conviviale possible.

Introduction de Yann Le Gallou, formateur Matlab académie Lille

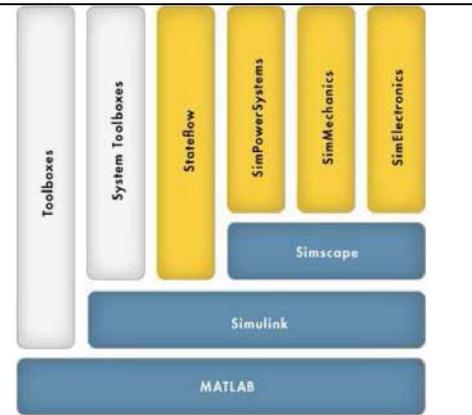
## 2 Matlab

### 2.1 Présentation

**MATLAB®** (pour MATrixLABoratory) est un langage de calcul scientifique créé en 1984 par Mathworks.

**Simulink** est un outil de conception visuel, intégré à l'environnement MATLAB. Il fournit un environnement de modélisation graphique par schéma-blocs.

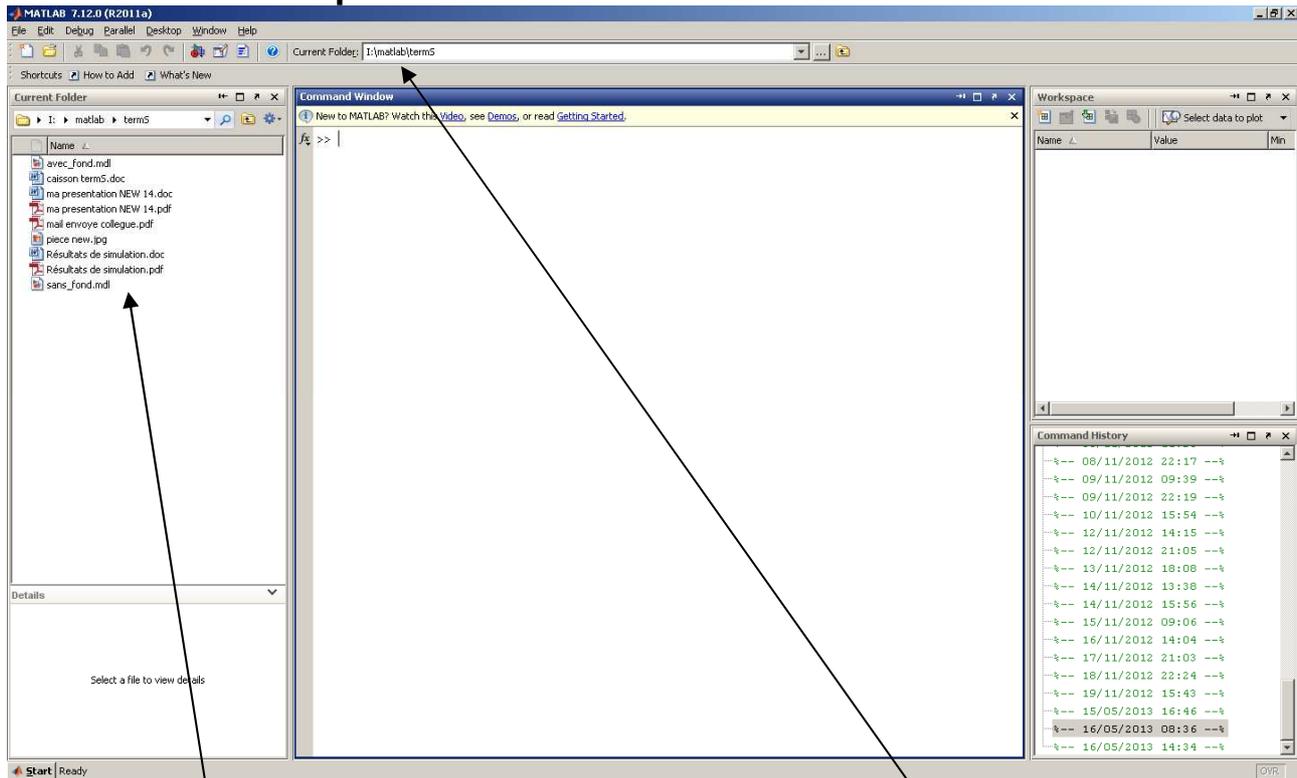
- **Stateflow** : environnement de conception pour le développement de machines à états
- **Simscape** : modélisation physique multi-domaines (mécanique, électrique, hydraulique, ...)
- **SimMechanics** : modélisation mécanique 3-D avec possibilité d'importer des modèles SolidWorks
- **SimElectronics** : modélisation de systèmes d'électronique et d'électromécanique
- **SimPowerSystems** : modélisation de systèmes d'électrotechnique et d'électronique de puissance



La configuration logicielle MATLAB et Simulink peut être enrichie par des boîtes à outils complémentaires

[http://www.mathworks.fr/academia/sti2d/?s\\_cid=0511\\_adaw\\_festo\\_218820](http://www.mathworks.fr/academia/sti2d/?s_cid=0511_adaw_festo_218820)

### 2.2 Fenêtre Principale



#### "Travail" initial :

Définir le chemin d'accès du répertoire où vous voulez travailler :



Le contenu du répertoire de travail d'où sont chargés et où sont enregistrés vos fichiers est affiché

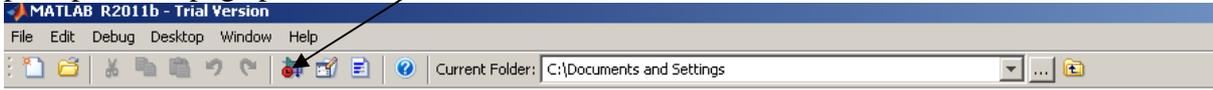
Affichage des fenêtres par défaut : MD (Menu Déroulant) Desktop puis Desktop Layout puis Default

### 3 Simulink

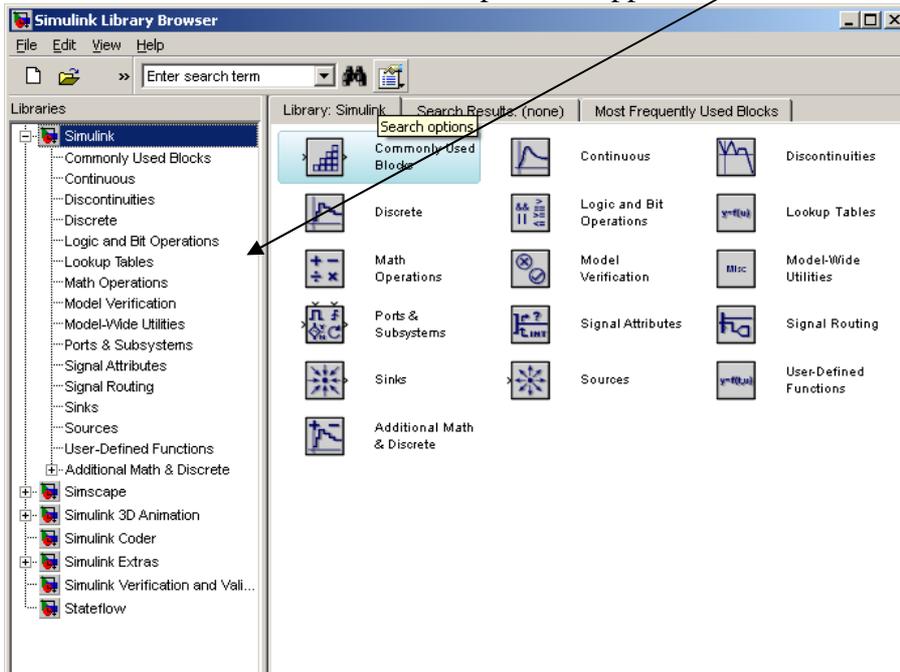
#### 3.1 Présentation de Simulink

Simulink permet la modélisation, la simulation et l'analyse de système dynamiques (variable en fonction du temps) à partir de blocs

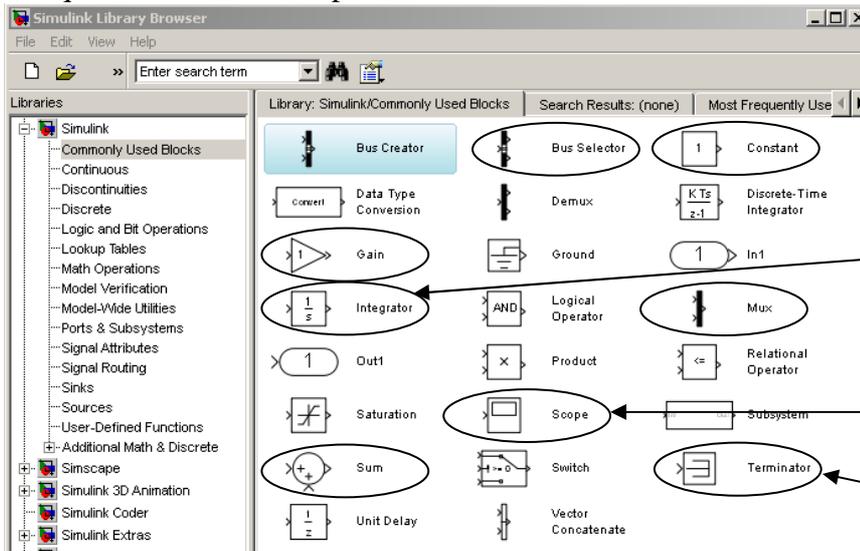
Lancement de Simulink par clic sur ou en tapant Simulink dans la fenêtre de commande (après le prompt >>, cf page précédente) :



La fenêtre des bibliothèques Simulink disponibles apparaît :



Chaque librairie contient plusieurs blocs :

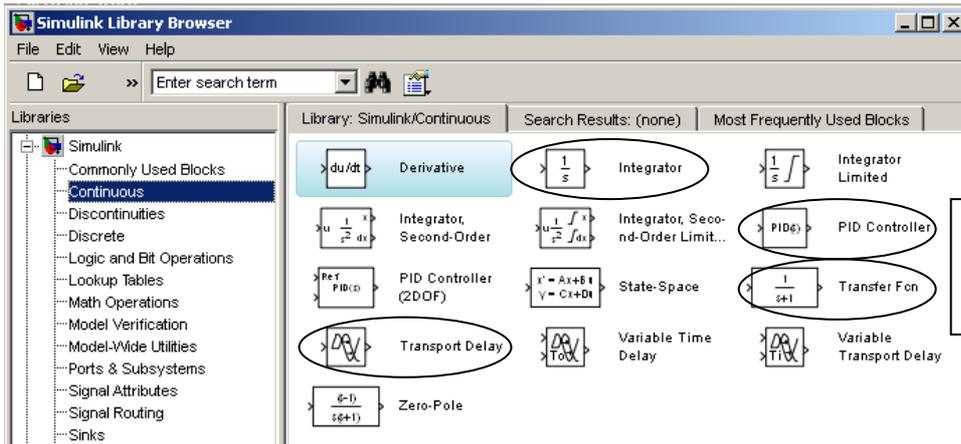


Les blocs entourés sont des blocs utilisés dans les exemples de ce document

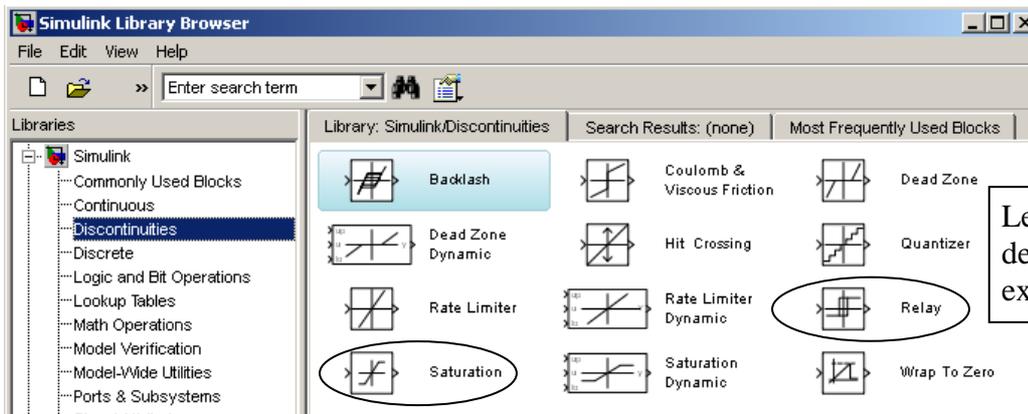
s ou p variables de laplace

Pour visualisation régime transitoire

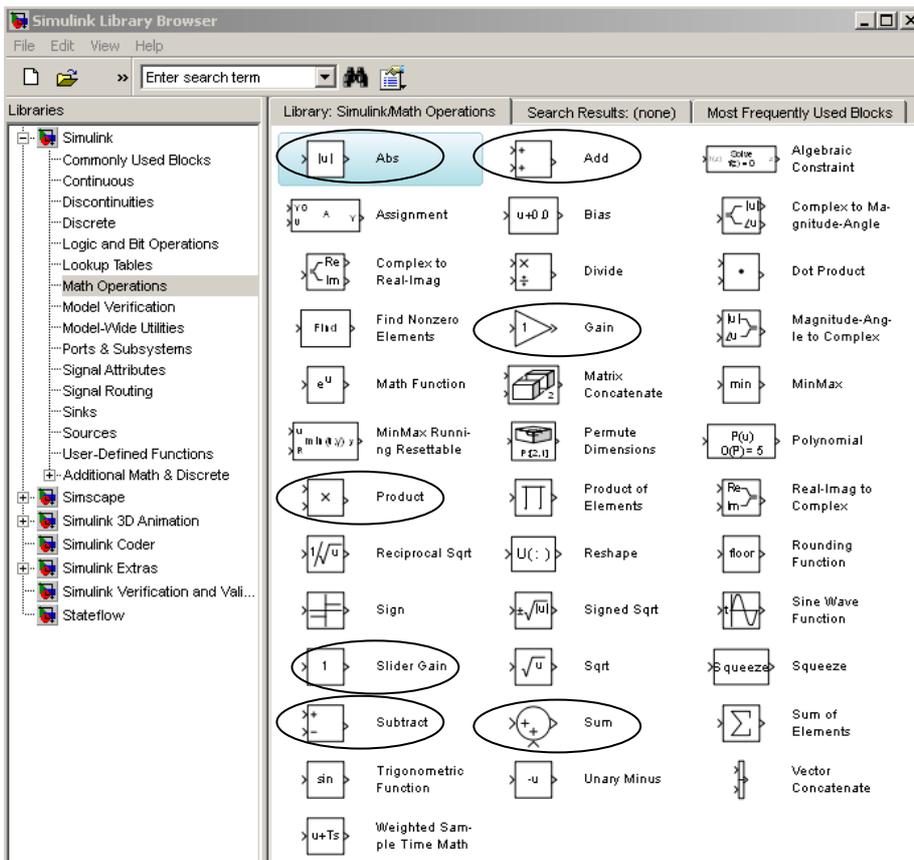
Sortie non utilisée



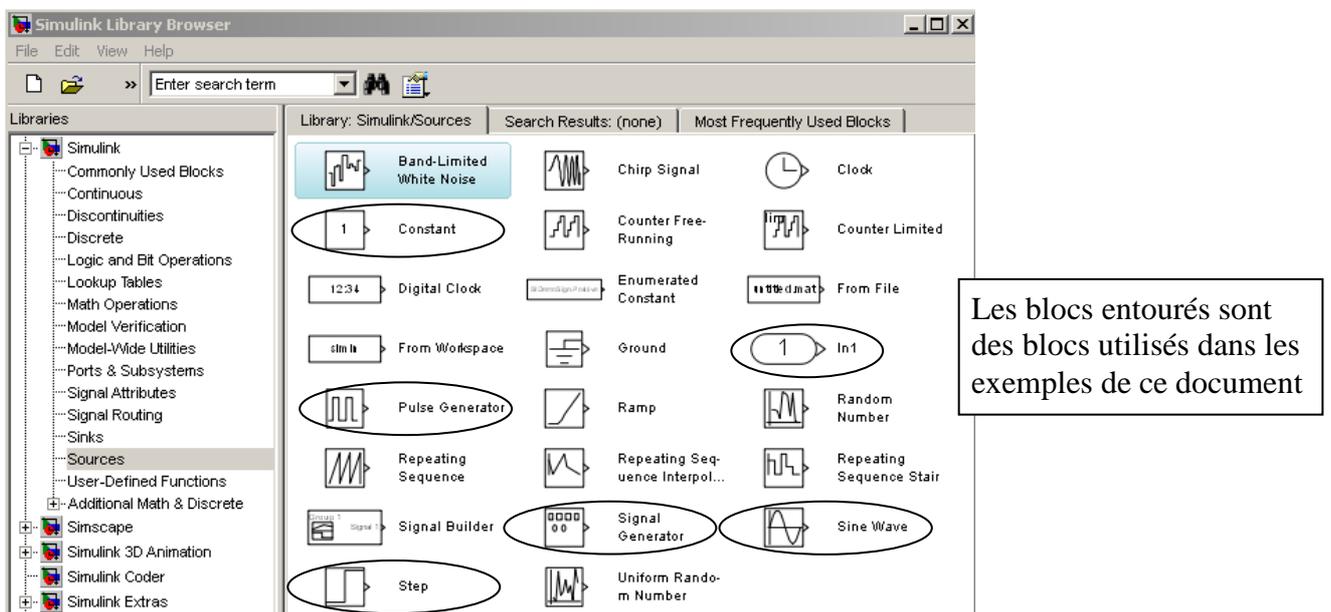
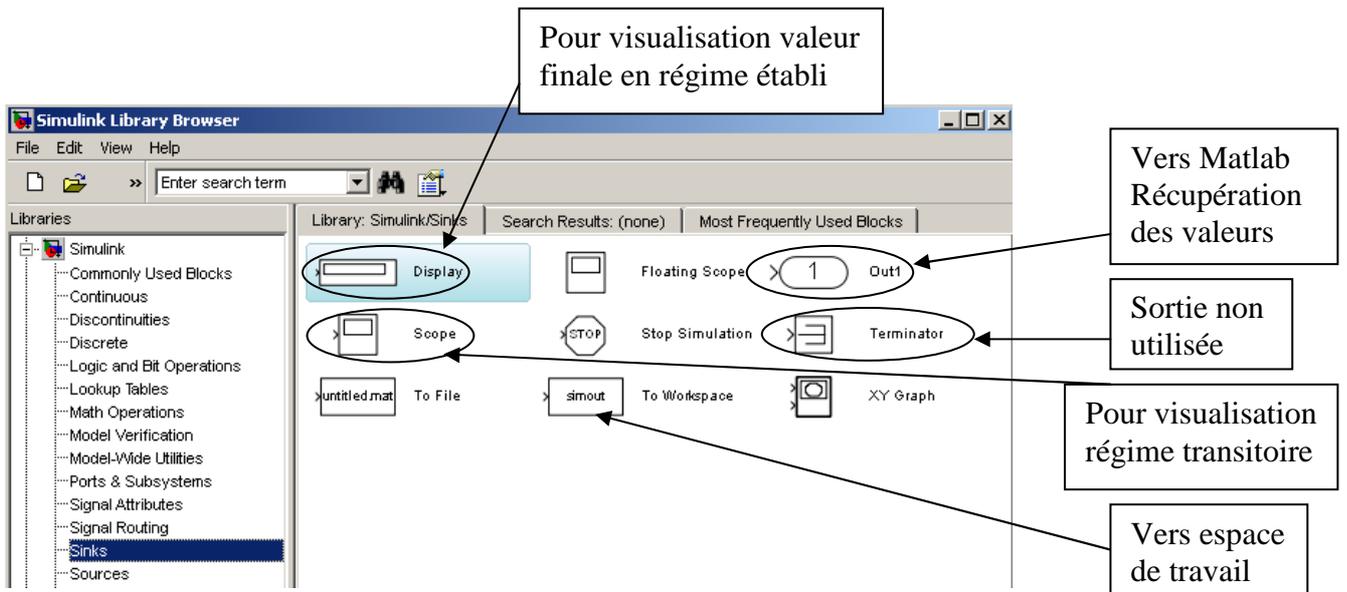
Les blocs entourés sont des blocs utilisés dans les exemples de ce document



Les blocs entourés sont des blocs utilisés dans les exemples de ce document



Les blocs entourés sont des blocs utilisés dans les exemples de ce document



### 3.2 Aide sous Simulink

#### Depuis la fenêtre "Simulink Library Brother" :

MD Help puis Simulink Help puis Demos ou Exemples dans l'arborescence

Sélection du bloc puis MD puis Help for the Selected Block...

BD sur le bloc dans sa librairie puis Help for ...

Recherche d'un bloc ou d'une fonction en tapant son nom dans "Enter search term" : **en anglais**

#### Depuis la page blanche :

BD sur les blocs dans la page blanche puis Help

DC sur les blocs dans la page blanche pour réglage des paramètres du bloc

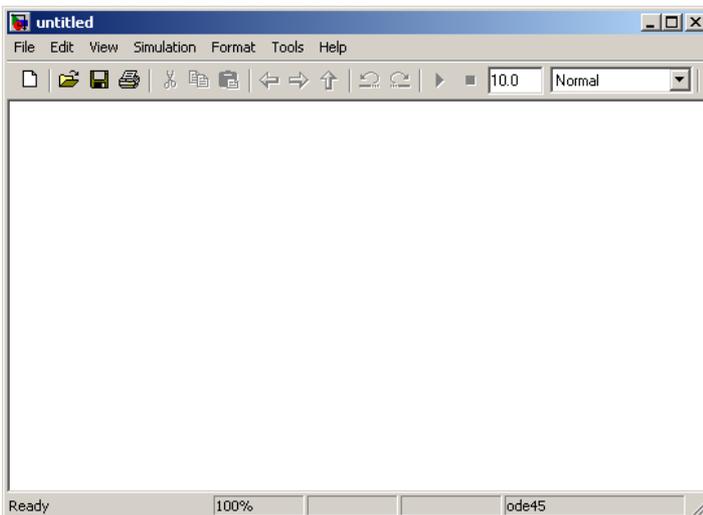
|                     |
|---------------------|
| MD : Menu Déroulant |
| BD : Bouton Droit   |
| DC : Double Clic    |
| CG : Cliqué Glissé  |

### 3.3 Création de modèles

Cliquer sur la page blanche pour créer un modèle :



La fenêtre suivante s'ouvre :



Déposer les blocs précédents par CG ou BD add to fichier en cours

|   |        |
|---|--------|
| Add to untitled                         | Ctrl+I |
| Help for the Rate Limiter Dynamic block |        |
| Go to parent                            |        |
| Block parameters                        |        |

Rotation de bloc sens horaire :

CTRL R

Miroir gauche droite : CTRL I

Miroir haut bas : BD puis Format

Raccourcis clavier classiques : BD, DC pour entrer dans un bloc

Pour mettre du texte sur un fil : DC sur le fil

**Connecter 2 blocs** : relier 2 blocs par un fil par CG entre les blocs

**Connecter 2 blocs de manière rapide** : clic sur le bloc de départ, puis CTRL + clic sur le bloc de destination **à condition que la connexion soit possible !!**

- Si la connexion n'est pas possible : rien ne se passe et pas de message d'erreur
- Si plusieurs connexions sont possibles il en fait une au hasard...

Lors de la 1ère connexion entre 2 blocs cette boîte de dialogue apparaît et proposant la connexion "rapide"



### 3.3.1 Exemple 1 : sinus



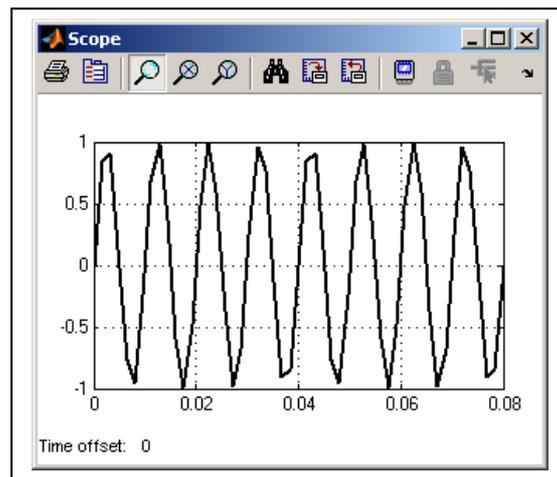
Sélectionner le temps de simulation (10s par défaut, mettre inf pour simulation en continu) puis lancer la simulation. L'arrêter par



Double cliquer sur le scope :

|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <p>Jumelle pour autoscale<br/>Paramètres du scope<br/>Maintien de l'autoscale<br/>Zoom X ou Y</p> | <p>Onglets paramètres du scope à configurer comme suit pour obtenir des tracés "épais et avec fond blanc ou utiliser PDF creator</p> | <p>Résultat</p> |
|---|--|-----------------|

Modifier le signal sinus (notamment la fréquence) et visualiser le résultat :



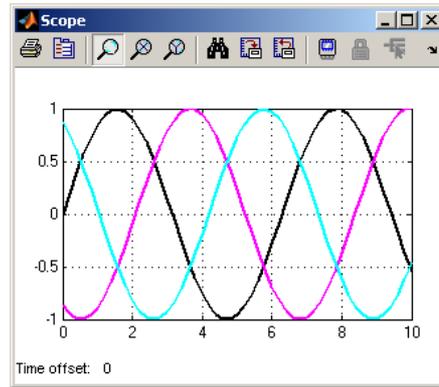
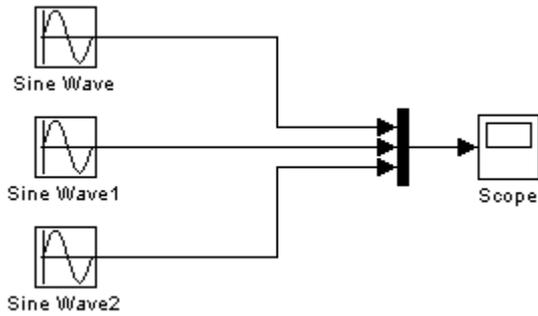
Si la courbe présente des cassures (tracé obtenu par interpolation) :

Ajuster le temps de simul avec la période du signal  
Modifier ou décocher la limitation du nb de point de mesure du scope : icône parameters puis onglet history

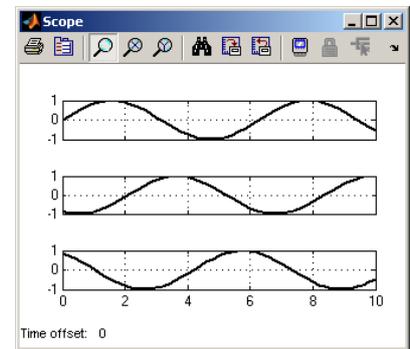
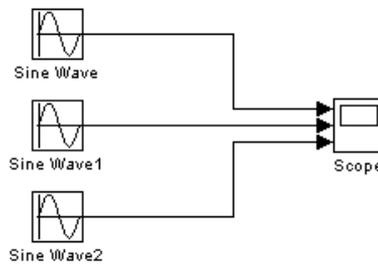
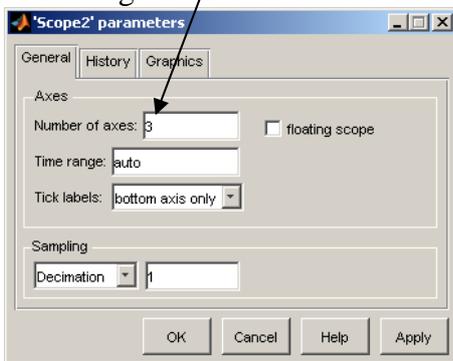
Modifier le solveur : CTRL+E depuis le schéma (voir diapos 16 à 22 Simulink pairformance)

### 3.3.2 Exemple 2 : sinus tri

Modifier l'amplitude à la tension secteur

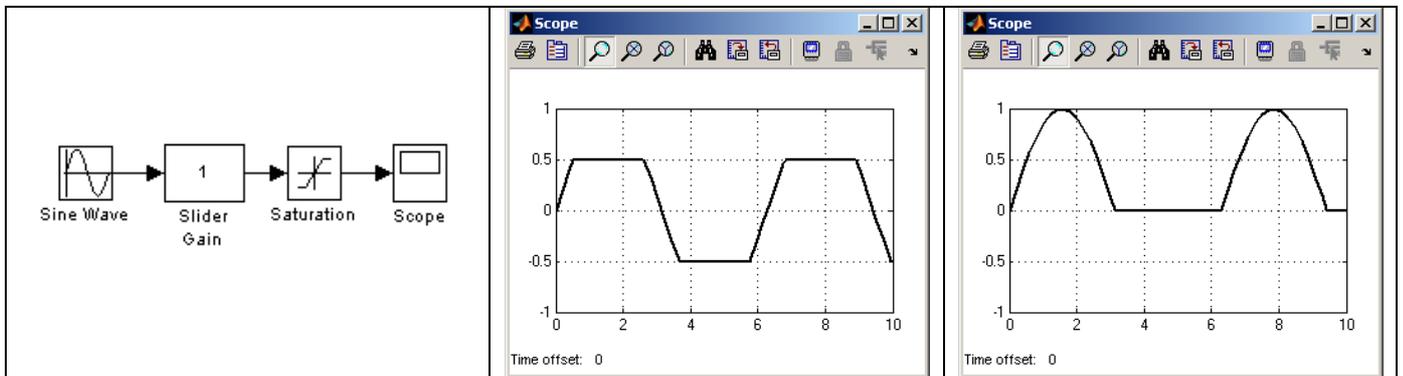


L'affichage sur 3 axes différent est possible :

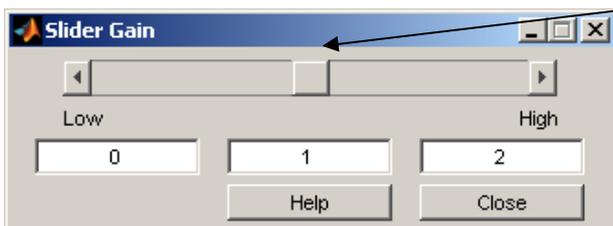


### 3.3.3 Exemple 3 : redressement mono alternance

Modifier les valeurs du bloc saturation, et les valeurs du slider gain par DC



Mettre un temps de simul infini : inf puis utiliser le slider gain (DC) pour pouvoir faire varier le gain (en dynamique)



Arrêter la simulation pour pouvoir reprendre la main !!

### 3.3.4 Exemple 4 : système 1<sup>er</sup> ordre

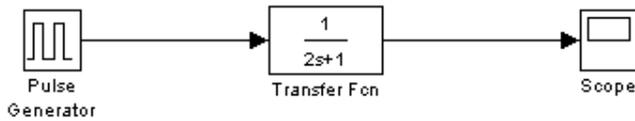
Présentation complète visionnable depuis les webinars de mathwoks

Représentation sous forme de laplace d'un modèle du 1<sup>er</sup> ordre : charge décharge d'un condensateur

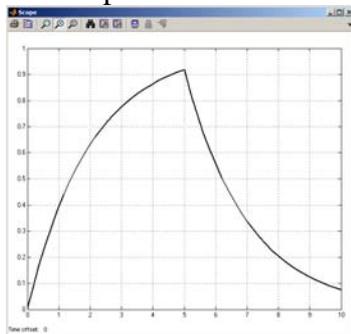
Sélectionner le temps de simul à 10s

Fonction en  $1/(1+\tau p)$

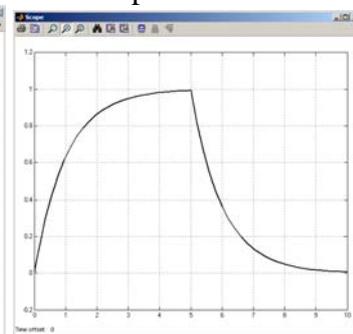
si  $\tau$  varie, on a la charge plus ou moins rapide du condensateur



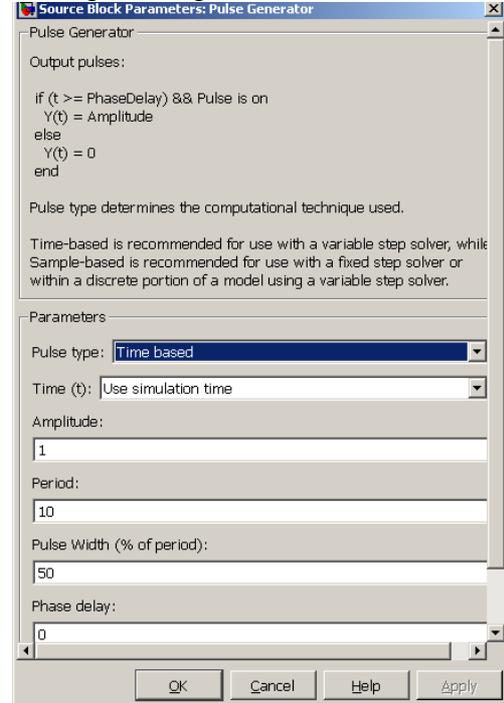
Relevé pour  $\tau = 2$  :



Relevé pour  $\tau = 1$  :

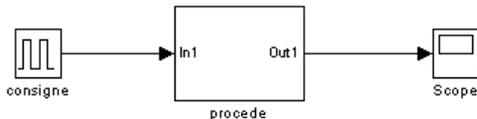


Configurer le générateur (DC) :

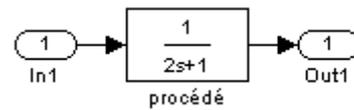


#### Création de sous système (plus simple pour les élèves) :

Sélection des blocs avec les fils (par cliqué glissé) puis BD et dans le MD : Create Subsystem (encapsulation de blocs dans un modèle)

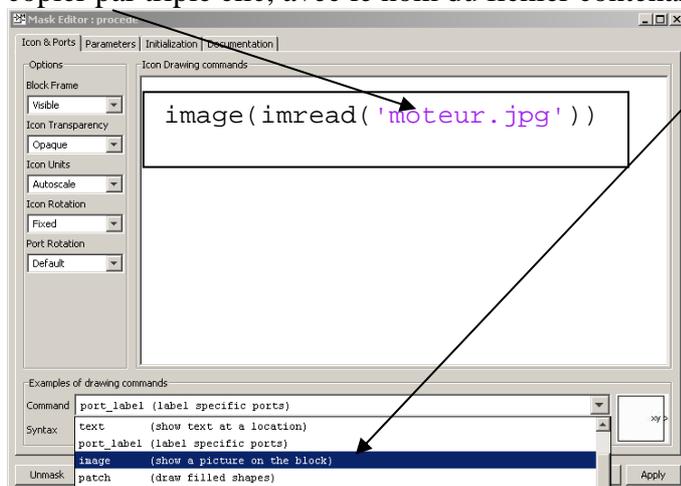


On peut voir le contenu du sous système par DC :

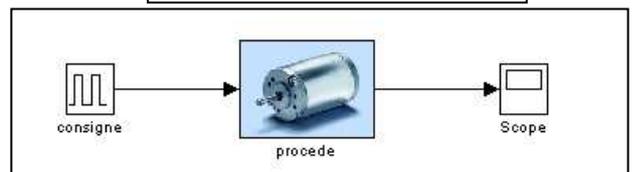


#### Mettre une photo :

Sélectionner le sous système puis BD puis Create Mask puis sélectionner et entrer la syntaxe ou la copier par triple clic, avec le nom du fichier contenant l'image :



Le fichier de l'image doit être dans le répertoire de travail de Matlab !!  
Cf page 2



1<sup>er</sup> ordre équivalent à la modélisation d'un MCC avec cste de temps électrique négligée devant cste de temps électromécanique

### 3.3.5 Exemple 5 : barre de navire

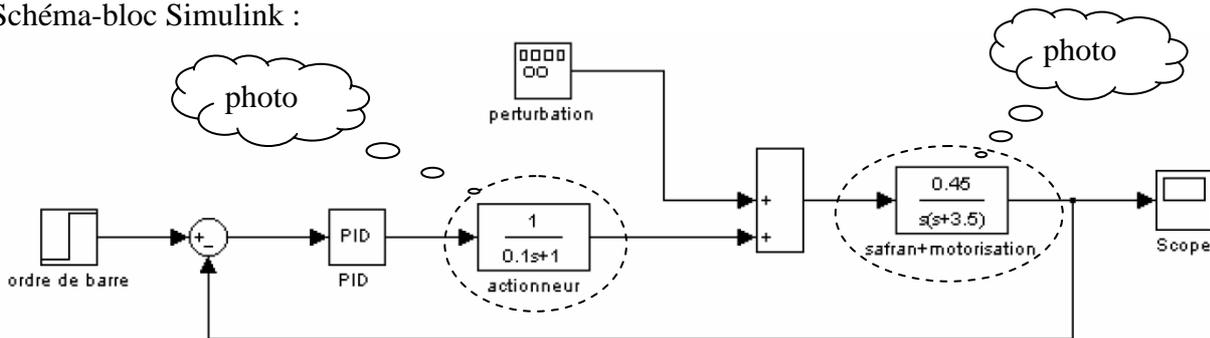
Fichier complet téléchargeable et consultable : intro\_auto\_matlab.pdf :

Les perturbations sont générées par un générateur de fonctions qui fournit des sinusoides de fréquence 0,4 Hz (vagues agissant sur le safran), leur amplitude a été réglée à 20. Ces valeurs sont modifiables à souhait.

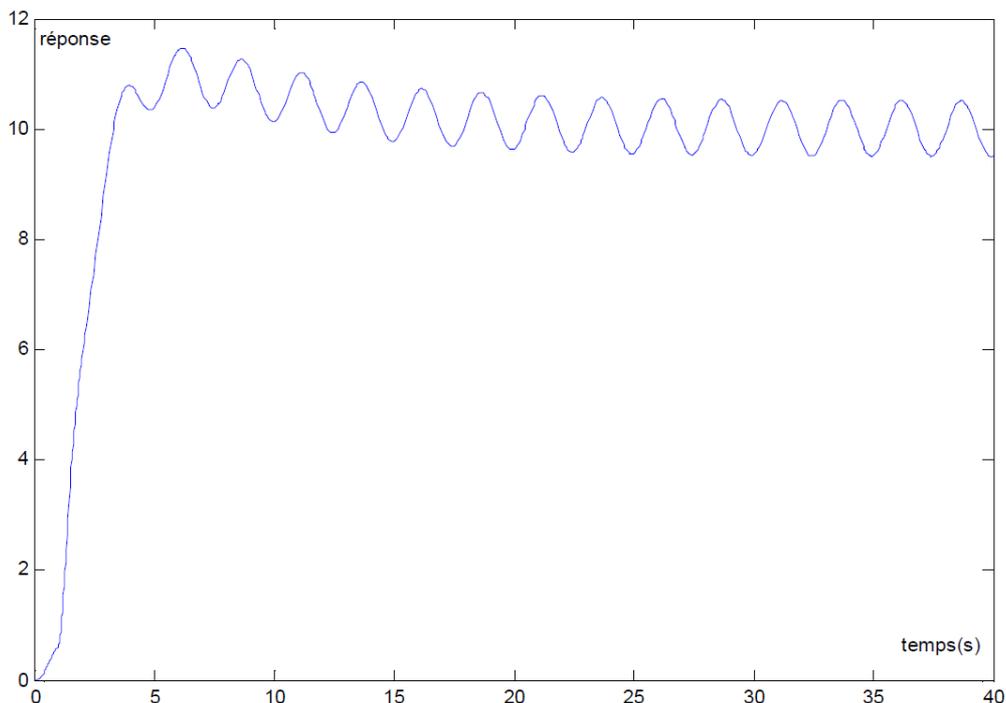
L'actionneur (vannes de télécommande de l'hydraulique du safran) a été modélisé par une fonction de transfert du premier ordre avec une constante de temps de 1/10s.

L'ordre de barre est 10° (babord ou tribord, peu importe ici), il est donné à  $t = 1$ s.

Schéma-bloc Simulink :



Réponse de l'asservissement de position "barre de navire" à un ordre de barre de 10° intervenant à un temps  $t = 1$ s, les perturbations sont sinusoidales :



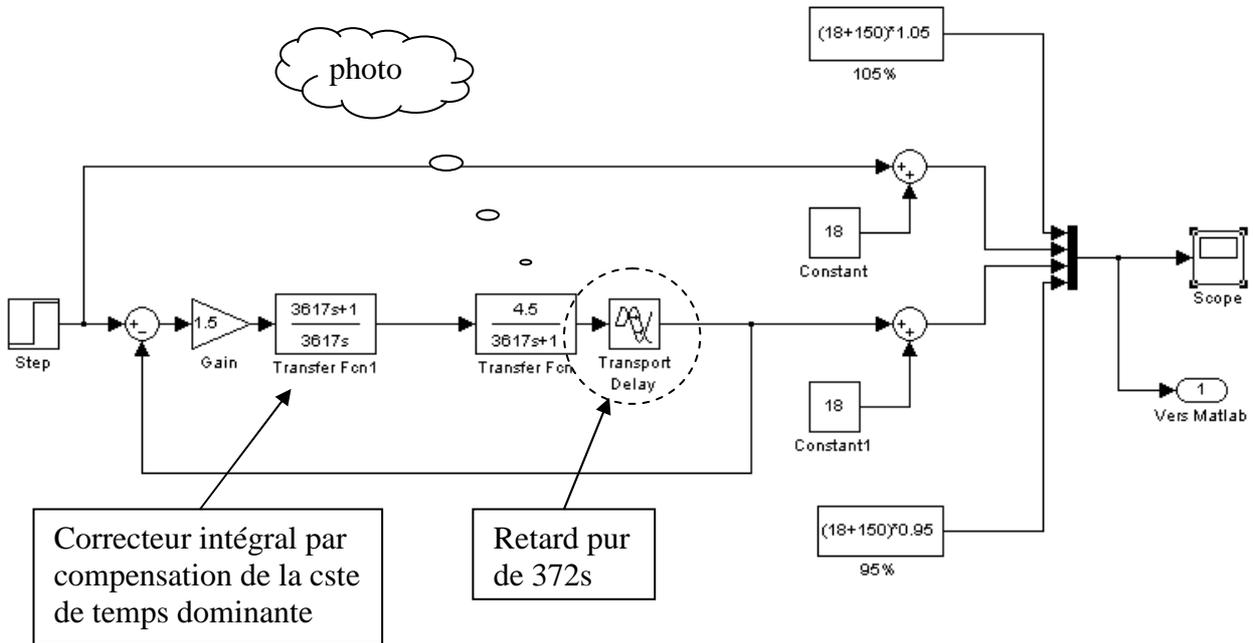
On remarque le filtrage des perturbations, elles sont très atténuées. Néanmoins, la réponse est "bruitée" par ces perturbations.

On peut ajuster les paramètres du correcteur PID (par DC) pour obtenir le relevé ci-dessus

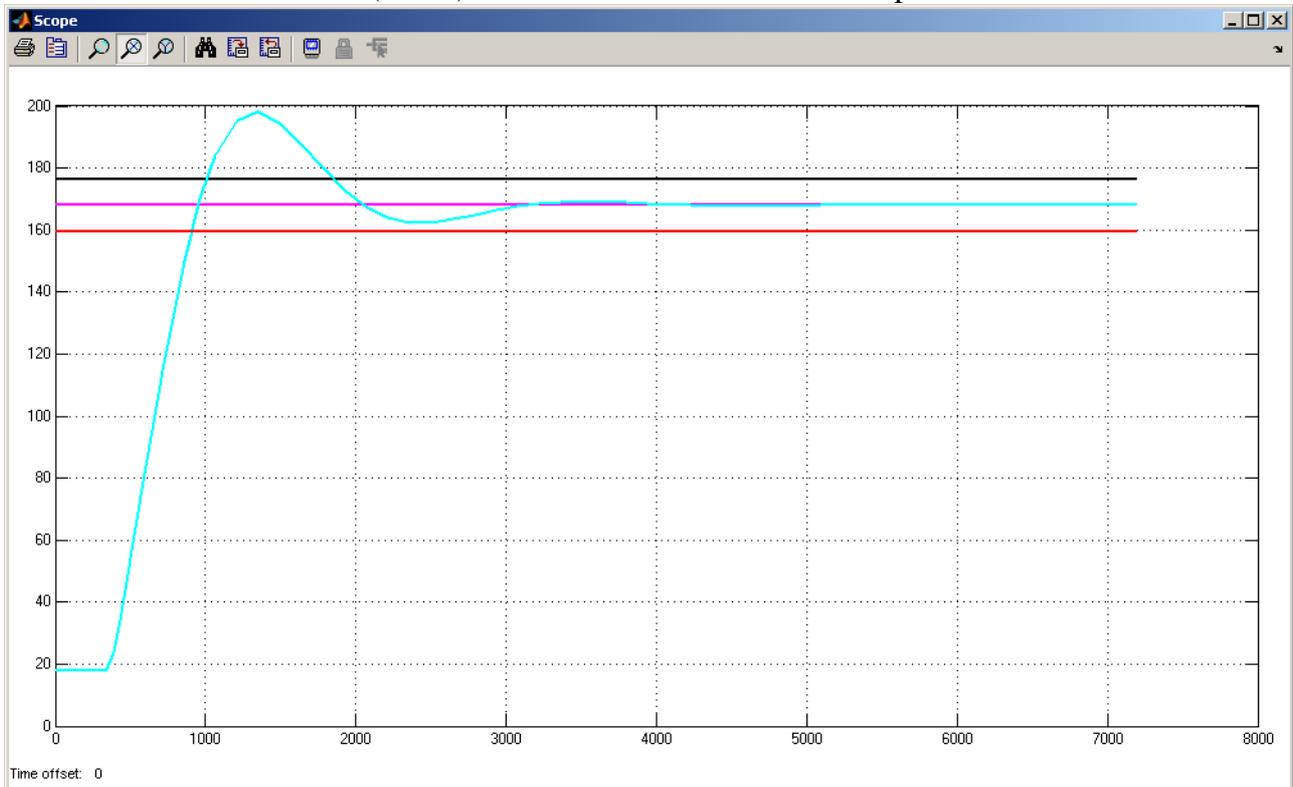
### 3.3.6 Exemple 6 : régulation d'un four

La modélisation a été faite à partir du modèle de Broïda (IUT GEII Châteauroux)

Modélisation du système :

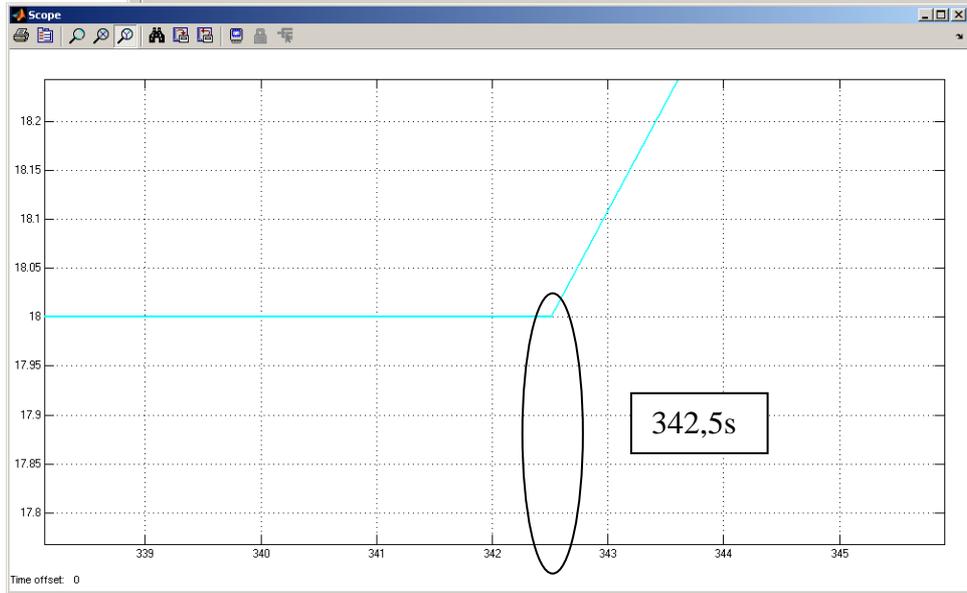
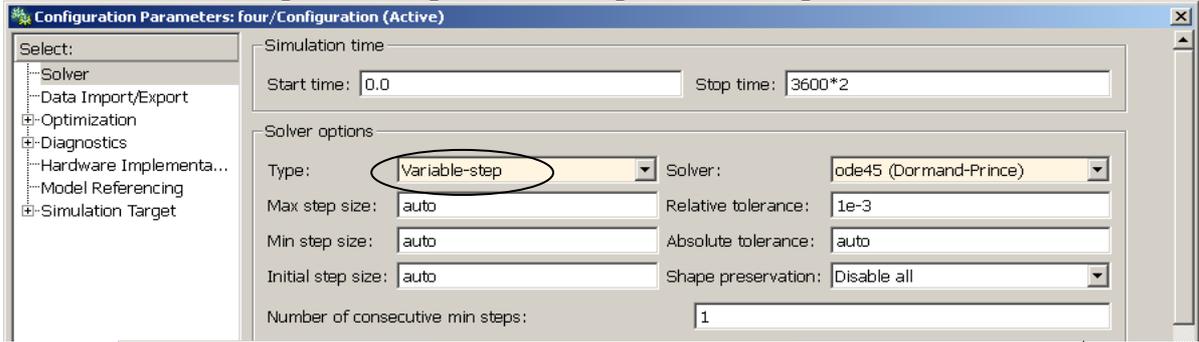


Relevé de simulation de 2H (7200s) : demande de chauffe à 150°C à partir d'une T° de 18°C



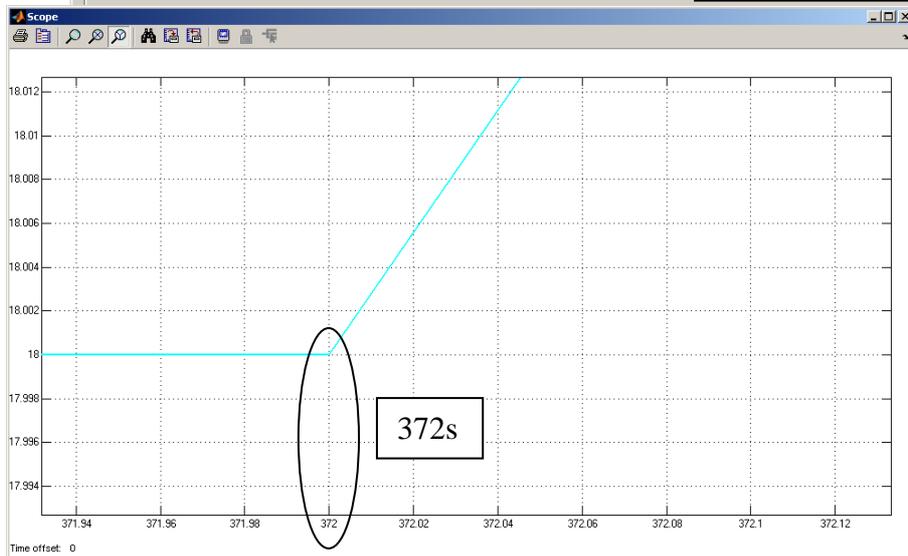
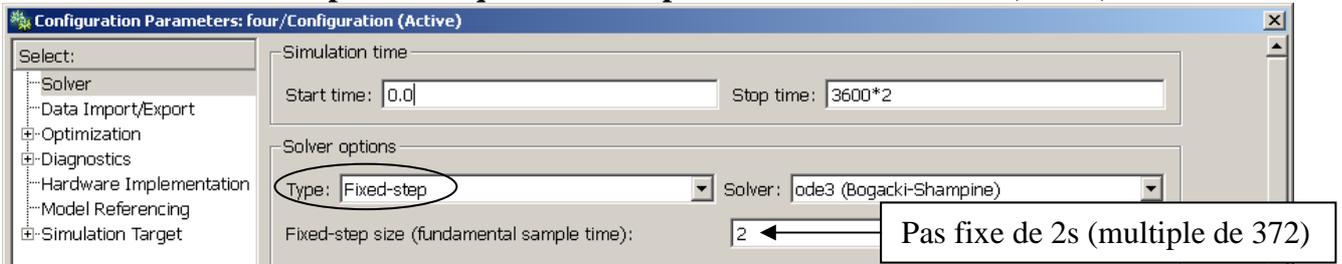
On peut modifier la valeur du gain pour améliorer le temps de réponse (instant t quand la réponse est comprise entre 95 et 105% de la valeur finale)

**Visualisation du retard pur théorique de 372 s : pas variable (par défaut) : CTRL+E (solver)**



ZOOM

**Visualisation du retard pur théorique de 372 s : pas fixe de 2s : CTRL+E (solver)**



ZOOM

## 4 Simscape

### 4.1 Aide sous Simscape

#### Depuis la fenêtre "Simulink Library Brother" :

MD Help puis Simulink Help puis Demos ou Exemples dans l'arborescence

Sélection du bloc puis MD puis Help for the Selected Block...

BD sur le bloc dans sa librairie puis Help for ...

Recherche d'un bloc ou d'une fonction en tapant son nom dans "Enter search term" : en anglais

#### Depuis la page blanche :

BD sur les blocs dans la page blanche puis Help

DC sur les blocs dans la page blanche pour réglage des paramètres du bloc

|                     |
|---------------------|
| MD : Menu Déroulant |
| BD : Bouton Droit   |
| DC : Double Clic    |
| CG : Cliqué Glissé  |

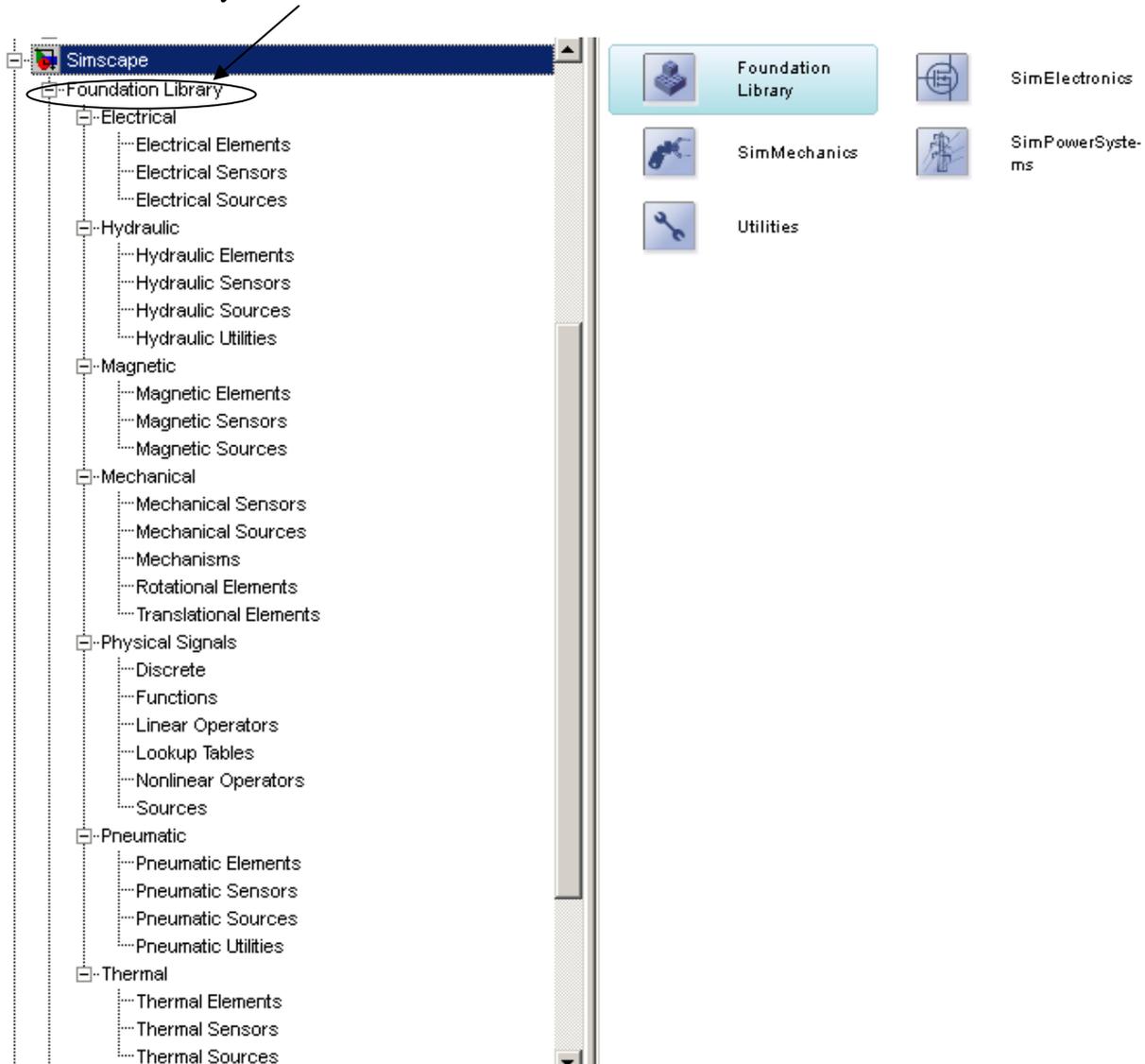
### 4.2 Présentation de Simscape

Simscape est la plateforme de modélisation physique et multi physique de Simulink

On va retrouver des composants physiques sous forme de bloc de modélisation physique dans la catégorie, le monde Simscape (résistance, condensateur, ampli op, sources, amortisseur, ressort, charge inertielle, moteur courant continu, asynchrone etc...)

On trouve différents blocs dans différents domaines :

Foundation Library : librairies des domaines de base



### 4.3 Les bibliothèques des domaines de base

Les blocs entourés sont des blocs utilisés dans les exemples de ce document

The screenshot displays the Simscape Foundation Library with the following categories and components:

- Electrical**
  - Electrical Elements
  - Electrical Sensors
  - Electrical Sources
- Mechanical**
  - Mechanical Sensors
  - Mechanical Sources
  - Mechanisms
  - Rotational Elements
  - Translational Elements
- Thermal**
  - Thermal Elements
  - Thermal Sensors
  - Thermal Sources
- Utilities**

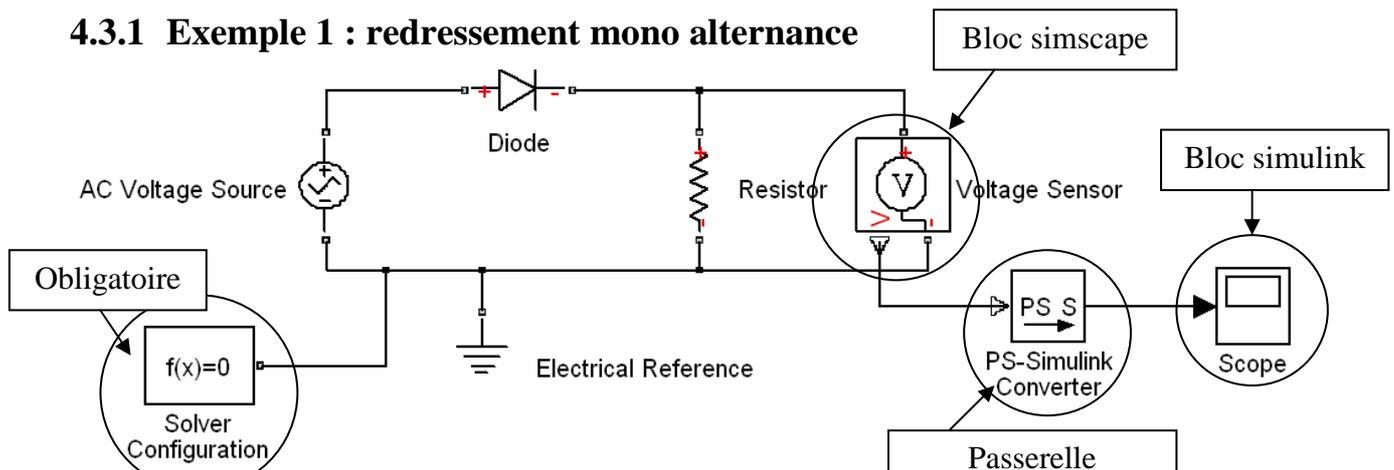
Key components shown include:

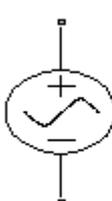
- Electrical:** Capacitor, Diode, Electrical Reference, Gyator, Ideal Transformer, Inductor, Mutual Inductor, Op-Amp, Resistor, Rotational Electro-mechanical..., Switch, Translational Electro-mechanical..., Variable Resistor.
- Sensors:** Current Sensor, Voltage Sensor.
- Sources:** AC Current Source, AC Voltage Source, Controlled Current Source, Controlled Voltage Source, Current-Controlled Current Source, Current-Controlled Voltage Source, DC Current Source, DC Voltage Source, Voltage-Controlled Current Source, Voltage-Controlled Voltage Source.
- Mechanical:** Ideal Force Sensor, Ideal Rotational Motion Sensor, Ideal Torque Sensor, Ideal Translational Motion Sensor, Ideal Angular Velocity Source, Ideal Force Source, Ideal Torque Source, Ideal Translational Velocity Source, Gear Box, Lever, Wheel and Axle, Inertia, Mechanical Rotational Reference, Rotational Damper, Rotational Friction, Rotational Hard Stop, Rotational Spring, Mass, Mechanical Translational Reference, Translational Damper, Translational Friction, Translational Hard Stop, Translational Spring.
- Thermal:** PS Constant, Conductive Heat Transfer, Convective Heat Transfer, Radiative Heat Transfer, Thermal Mass, Thermal Reference, Ideal Heat Flow Sensor, Ideal Temperature Sensor, Ideal Heat Flow Source, Ideal Temperature Source.
- Utilities:** Connection Port, PS-Simulink Converter, Simulink-PS Converter, Solver Configuration, Two-Way Connection.

Passage Simscape/Simulink et réciproquement  
Mettre les unités par DC

Obligatoire pour trouver les équations. Doit être relié au circuit (peu importe où)

### 4.3.1 Exemple 1 : redressement mono alternance





AC Voltage Source

**Block Parameters: AC Voltage Source**

AC Voltage Source

The ideal AC voltage source maintains the sinusoidal voltage across its output terminals, independent of the current flowing through the source. The output voltage is defined by  $V = V_0 * \sin(W*t + PHI)$ , where  $V_0$  is the peak amplitude,  $W$  is the frequency in radians/s, and  $PHI$  is the phase shift in radians.

[View source for AC Voltage Source](#)

Parameters

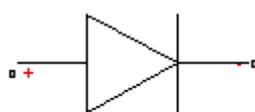
Peak amplitude:  v

Phase shift:  rad

Frequency:  Hz

**60Hz par défaut**

OK Cancel Help Apply



Diode

**Block Parameters: Diode**

Diode

Piece-wise linear model of a diode. If the voltage across the diode is bigger than the Forward voltage  $V_f$ , then the diode behaves like a linear resistor with low On resistance  $R_{on}$  plus a series voltage source. If the voltage across the diode is less than the Forward voltage, then the diode behaves like a linear resistor with low Off conductance  $G_{off}$ .

When forward biased, the series voltage source is given by  $V_f(1-R_{on}*G_{off})$ . The  $R_{on}*G_{off}$  term ensures that the diode current is exactly zero when the voltage across it is zero.

[View source for Diode](#)

Parameters

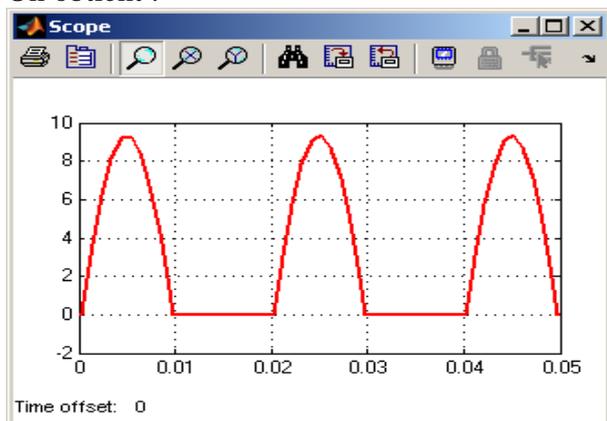
Forward voltage:  v

On resistance:  Ohm

Off conductance:  1/Ohm

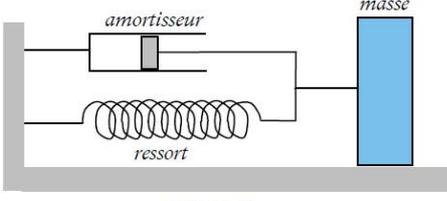
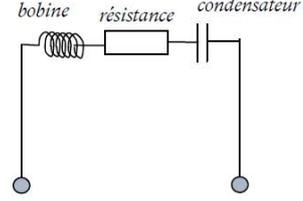
OK Cancel Help Apply

On obtient :

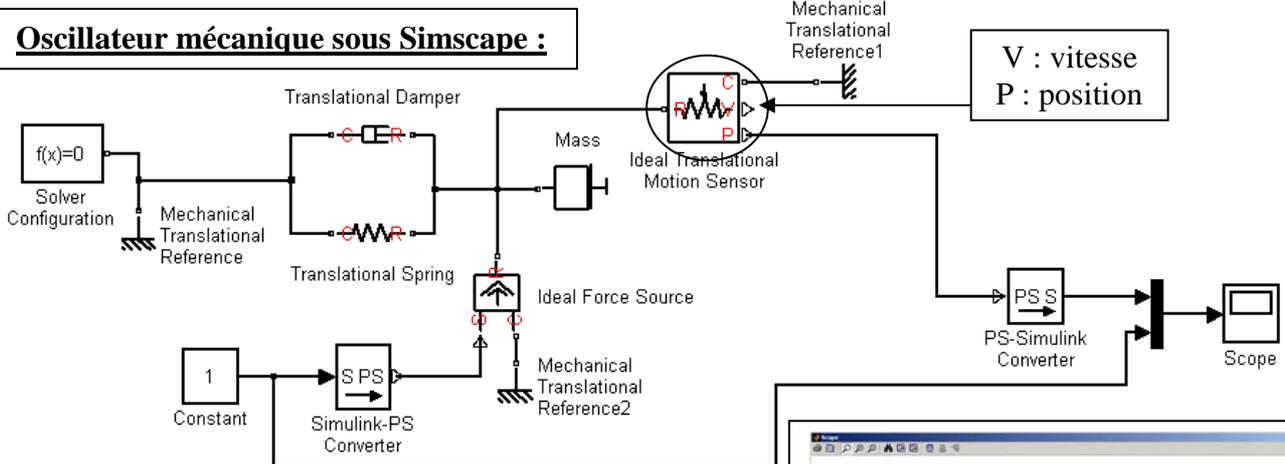


### 4.3.2 Exemple 2 : analogie système mécanique – système électrique

Une vibration est un mouvement d'oscillation autour d'une position d'équilibre stable. Le comportement des circuits électriques R, L, C linéaires (fig 2) et celui des systèmes mécaniques masse, ressort avec frottements visqueux (fig 1) est représenté par des équations différentielles semblables (second ordre, coefficients constants). Il est possible de passer d'un circuit électrique à un système mécanique en assimilant :

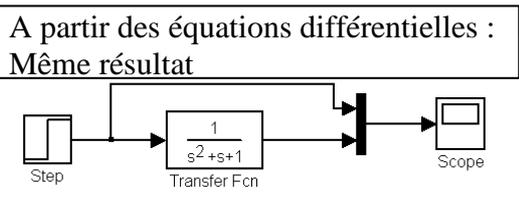
|   |                                      |                              |
|---|--------------------------------------|------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Une masse avec une inductance</li> <li>2. Un frottement visqueux avec une résistance linéaire</li> <li>3. La raideur d'un ressort avec l'inverse d'une capacité.</li> </ol> | <b>Masse soumise à un ressort</b>    | <b>Circuit RLC</b>           |
|  <p>Figure 1</p>   | $\alpha = \text{coef de frottement}$ | R = résistance               |
|  <p>Figure 2</p>   | $k = \text{constante de raideur}$    | 1/C = inverse de la capacité |
|   | $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$         | $T = 2\pi\sqrt{LC}$          |

**Oscillateur mécanique sous Simscape :**



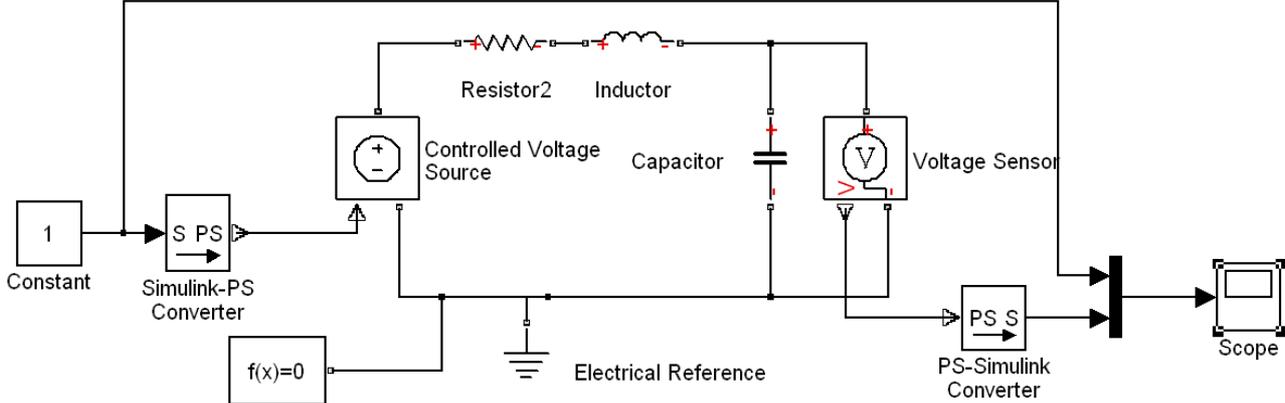
V : vitesse  
P : position

**A partir des équations différentielles :  
Même résultat**



Toutes valeurs à 1  
(affranchissement des unités)

**Oscillateur électrique sous Simscape :**



### 4.3.3 Exemple 3 : modélisation moteur CC entrainant charge inertielle d'inertie "J" avec frottement visqueux "b"

Présentation complète visionnable depuis mathwoks (webinar enregistré : introduction à simulink)

On désire modéliser le schéma suivant :

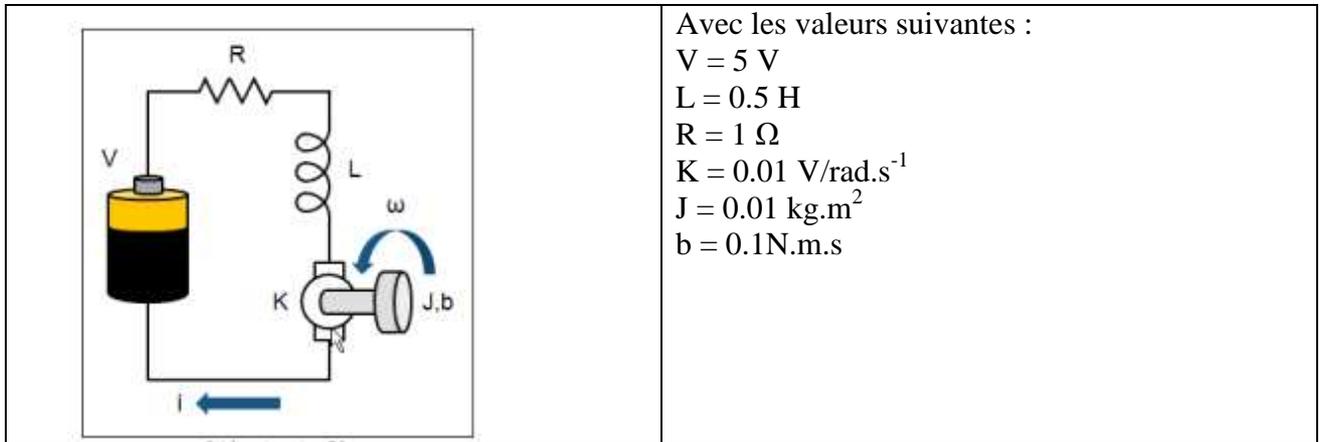
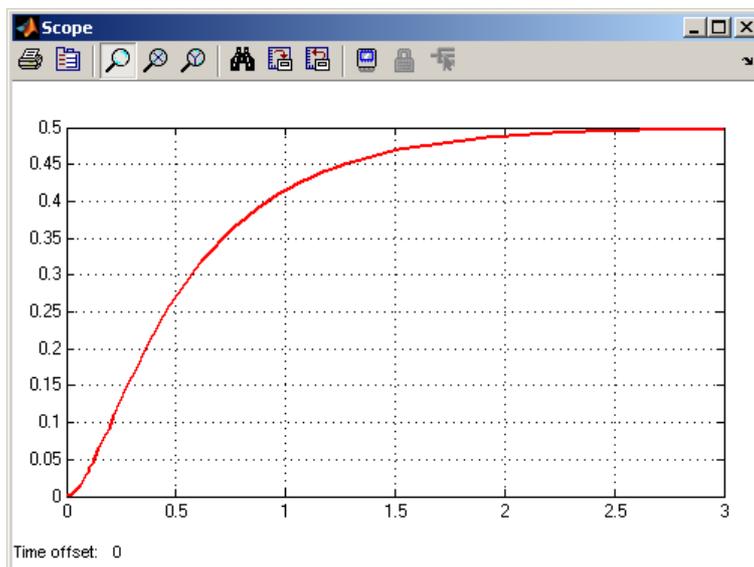
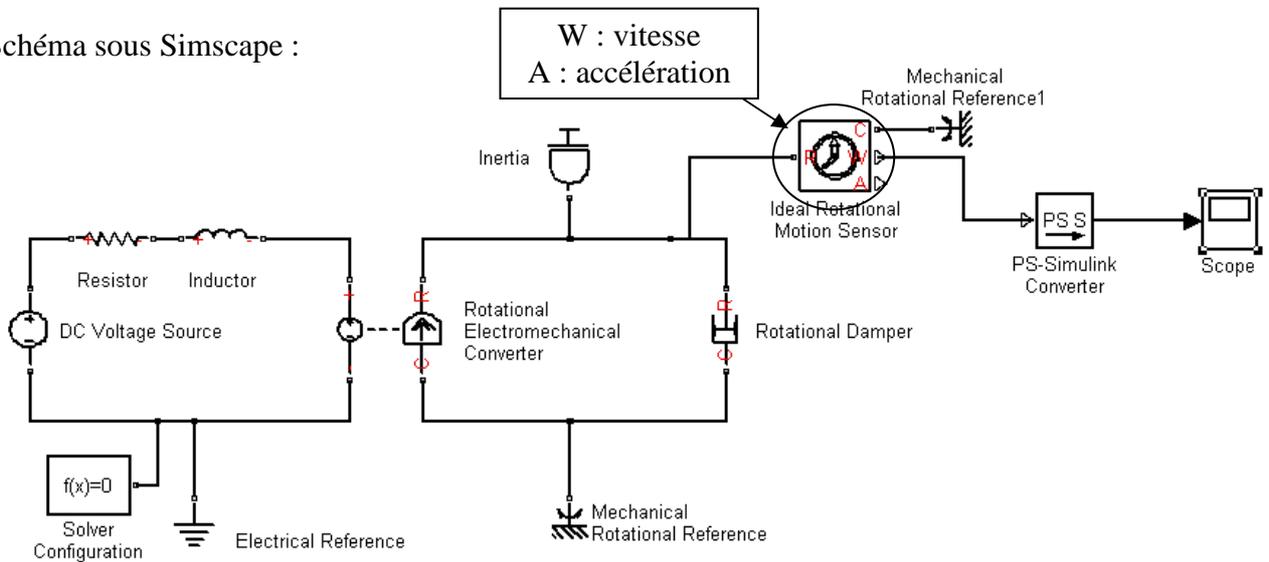


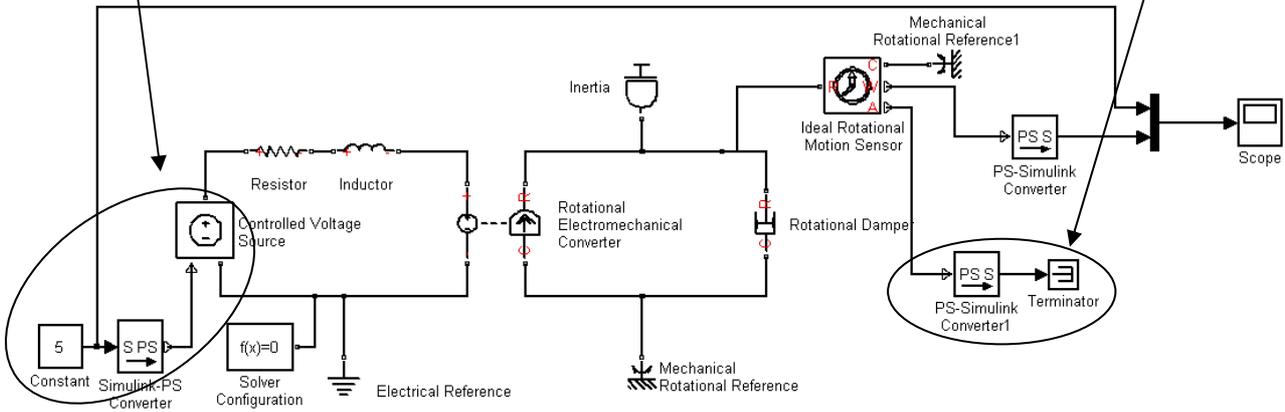
Schéma sous Simscape :



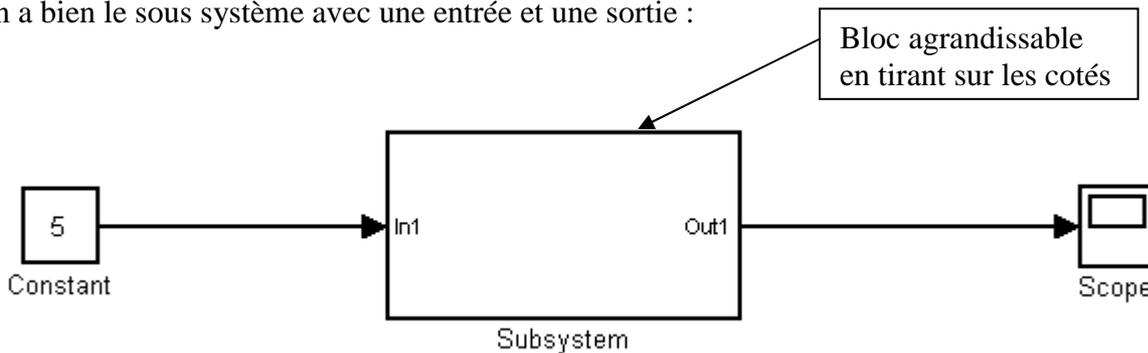
**Création d'un sous système :**

Sur le schéma précédent, on a bien une sortie mais pas d'entrée "extérieure". Pour cela il faut créer une entrée (source de tension commandée). Ensuite relier la sortie "non utilisée" à un "terminator" afin d'éviter d'avoir une sortie qui ne serait reliée à rien

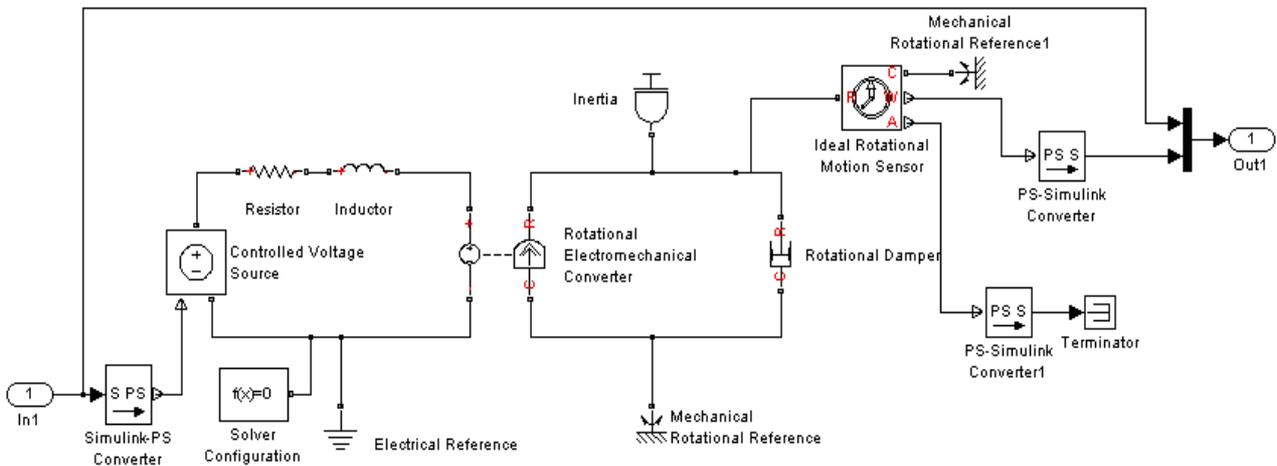
Sélection des blocs (tout sauf l'entrée et la sortie) à mettre dans le sous système par CG puis BD  
Create Subsystem



On a bien le sous système avec une entrée et une sortie :



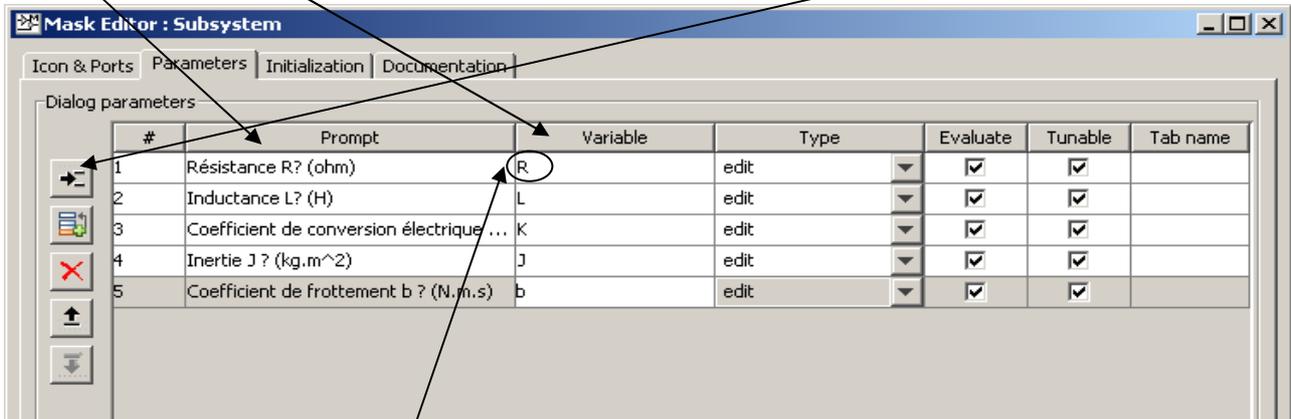
Par DC sur le Subsystem, on retrouve le schéma initial



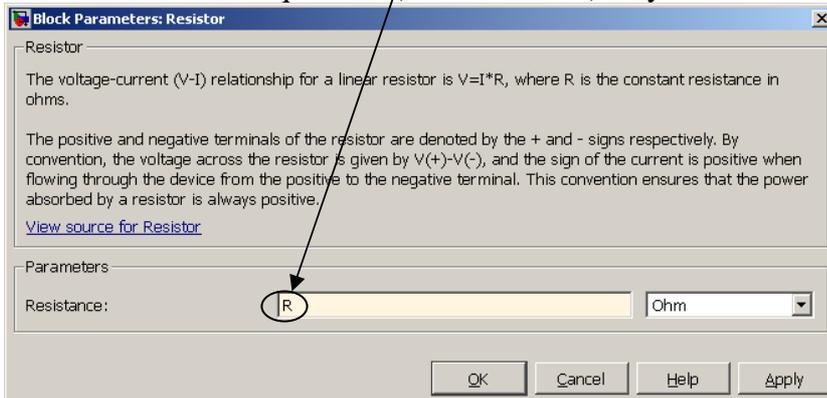
### Création d'un Mask :

On va créer un mask afin de paramétrer chaque variable du modèle : BD sur le sous système puis Create Mask :

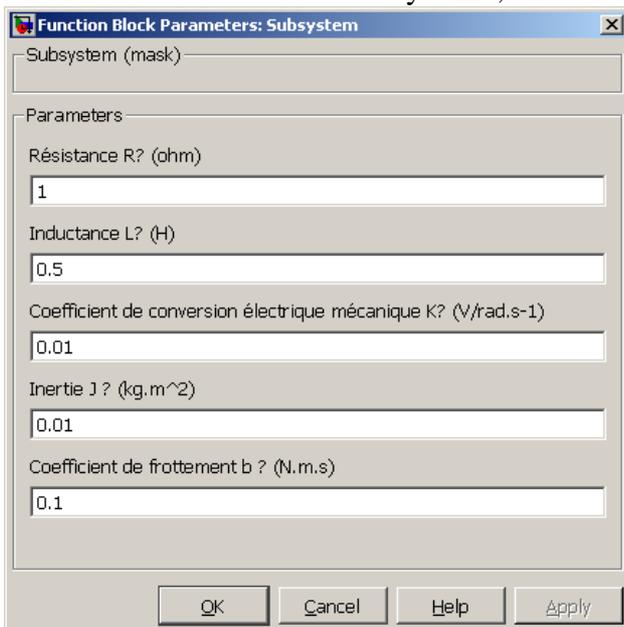
Onglet Parameters puis ajouter autant de variables que nécessaires par clic sur l'icône puis saisir le texte et les variables :



Il faut renommer chaque bloc (DC sur le bloc) en y associant sa variable (voir ci-dessus) :



Maintenant en DC sur le sous système, on obtient et on peut rentrer les valeurs précédentes :



Le schéma devient complètement transparent pour l'élève

On peut toujours voir le contenu du mask : BD puis Look Under Mask

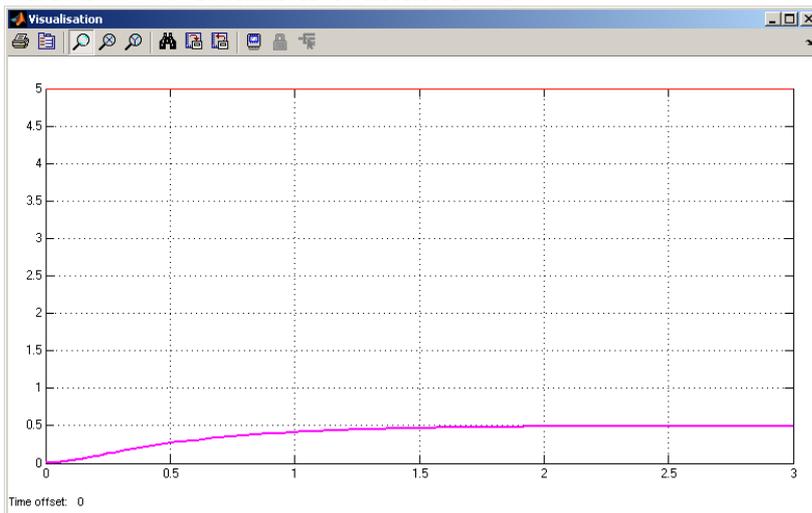
Si on rajoute une photo, il nous reste :



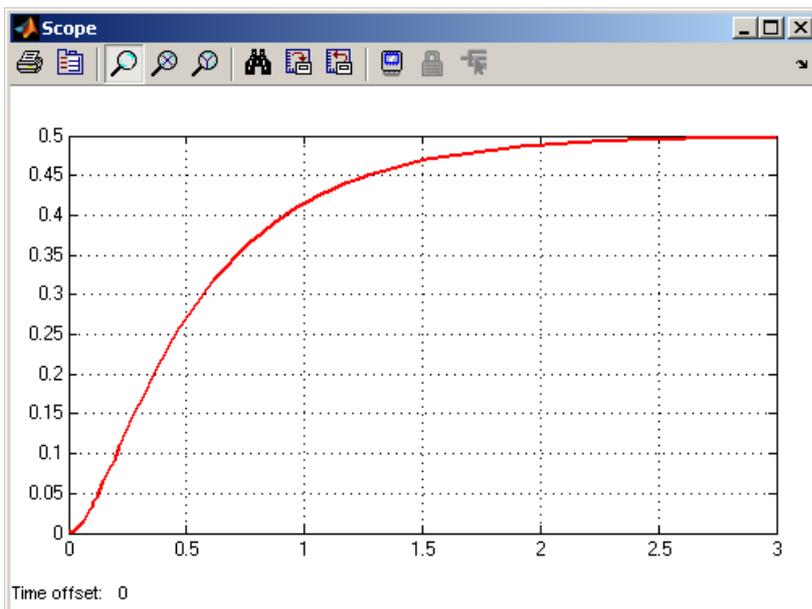
Pour modifier le contenu du mask (paramètre de chaque variable du modèle et / ou la photo ) : BD puis Edit Mask

Create Mask pour crée le mask et Edit Mask pour modifier le mask

On retrouve évidemment le même résultat :

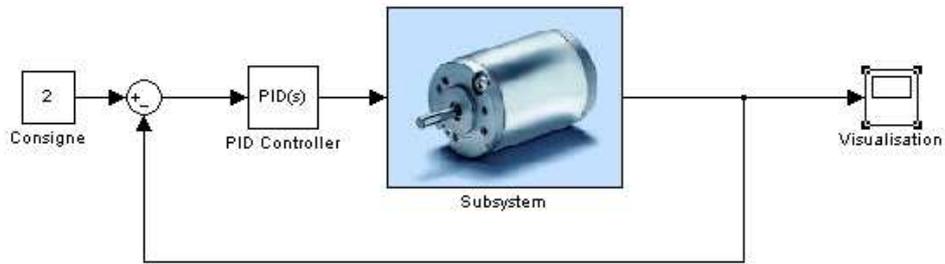


Visualisation avec tension d'alimentation de 5V en entrée et montée en vitesse

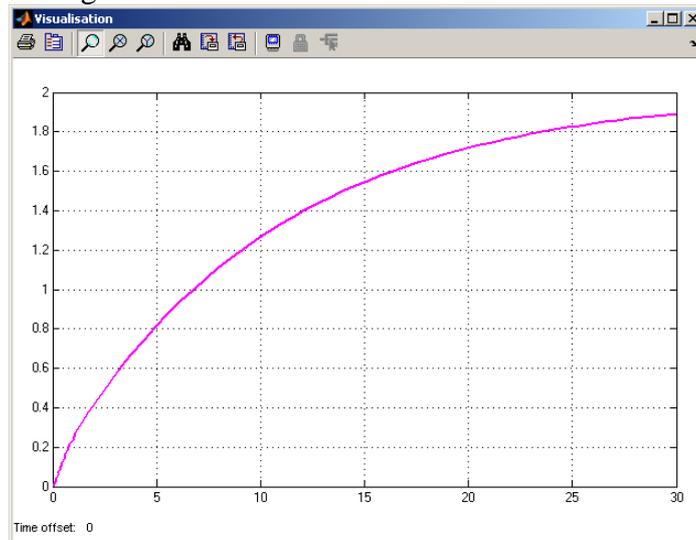


Relevé précédent de la montée en vitesse seule

On désire maintenant une consigne de 2rad/s en entrée (asservissement en vitesse)



Le temps de réponse est beaucoup plus long (temps de simul de 30s au lieu de 3s), erreur nulle en régime établi du fait de l'intégrateur dans le PID :



Bloc PI avec valeurs à 1 (gain et cste de temps)

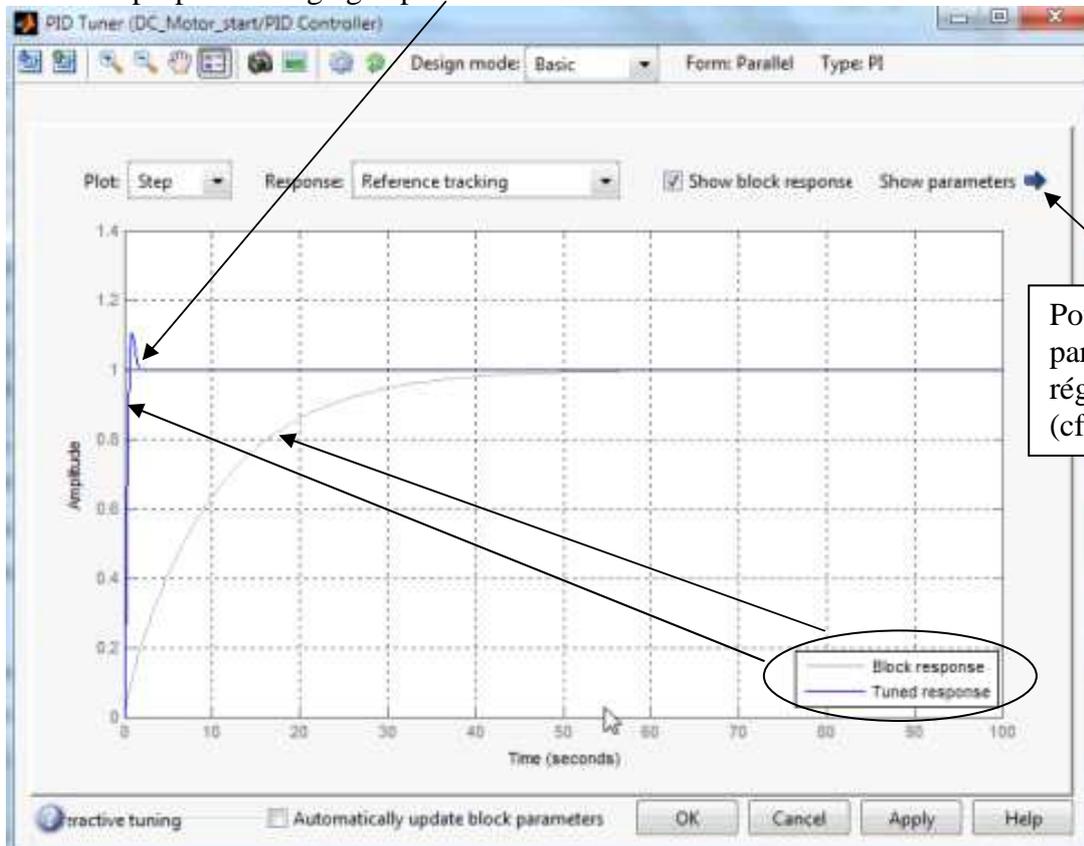
Double cliquer sur le bloc PID

On peut modifier les valeurs à la main ou le faire automatiquement en cliquant sur tune

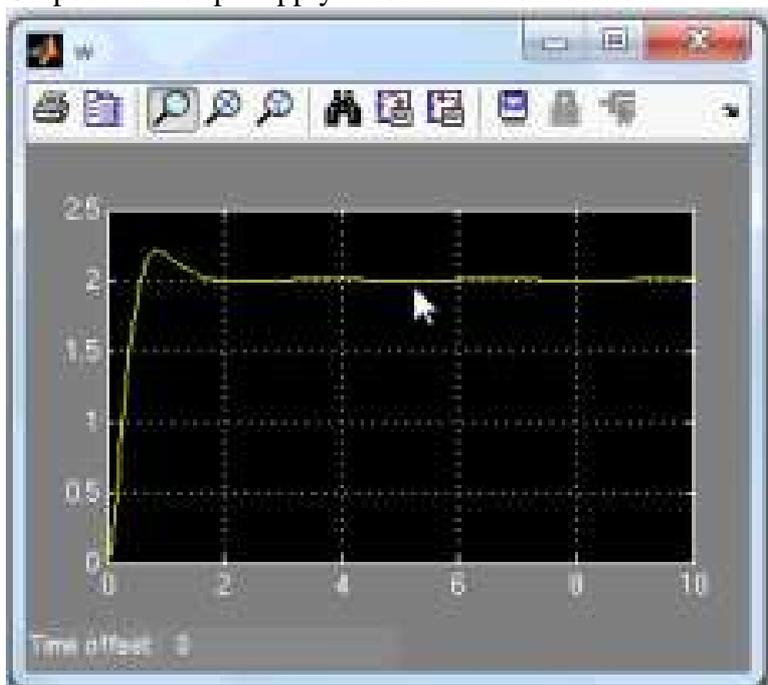


A condition d'avoir la licence !! :

Simulink propose un réglage optimal :

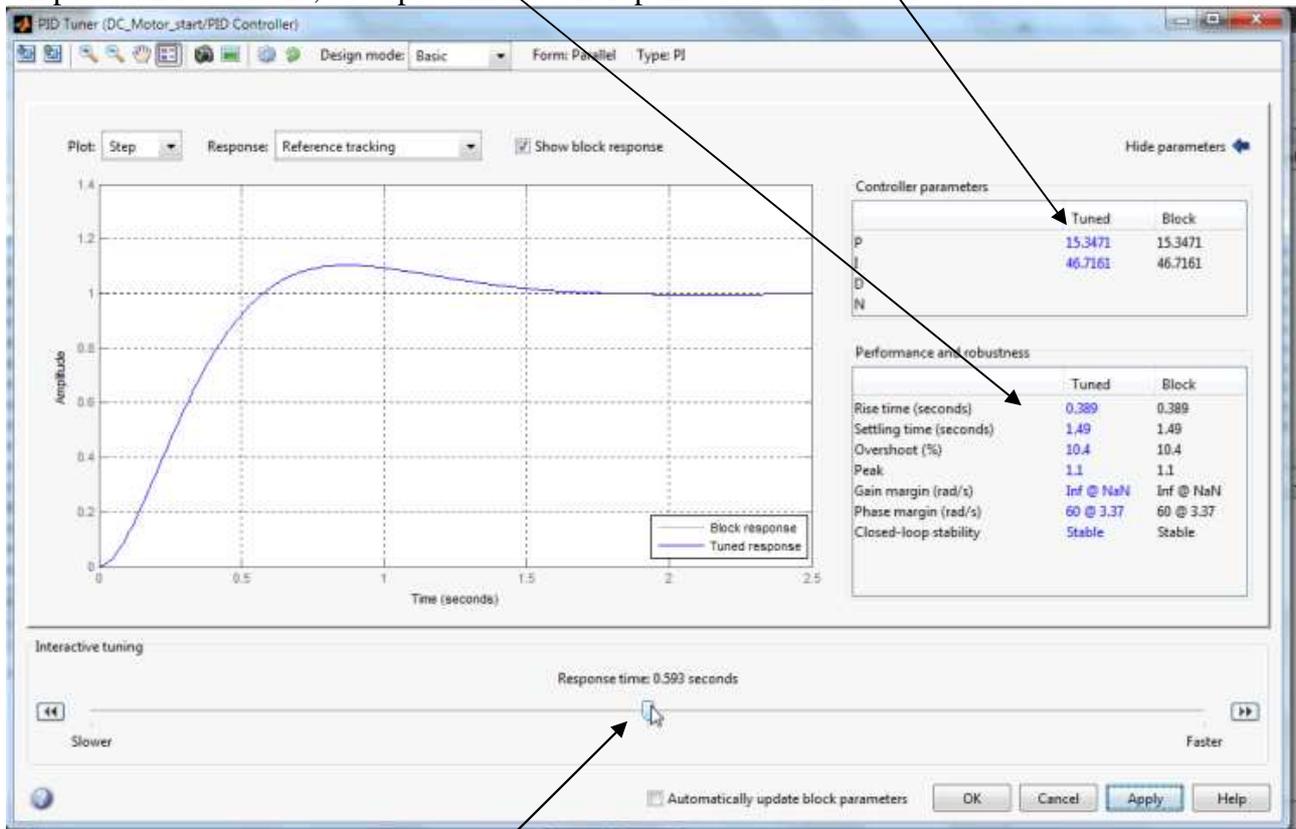


On peut valider par apply et relancer la simulation :



On peut voir que les paramètres proposés par le logiciel sont bien pris en compte

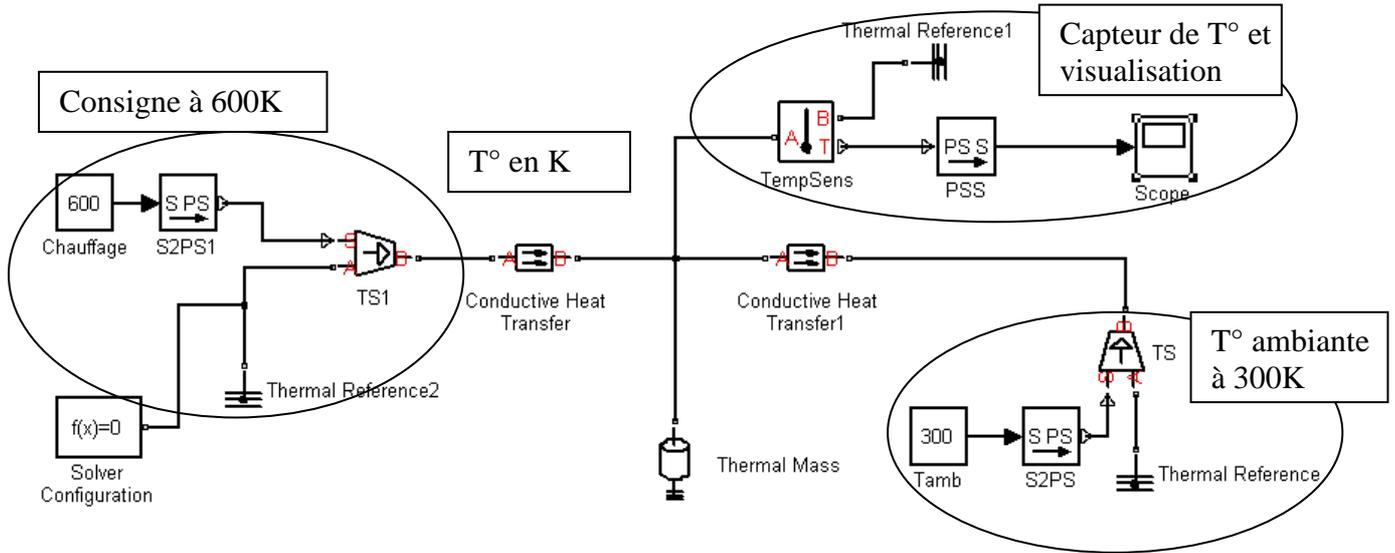
On peut voir les valeurs, de dépassement de la réponse et du correcteur:



On peut aussi déplacer le curseur du temps de réponse et voir en temps réel le résultat et prendre en compte ce nouveau réglage par apply puis relancer la simulation

### 4.3.4 Exemple 4 : échange thermique par conduction

Chauffage d'une barre métallique : une extrémité est chauffée à 600K et l'autre extrémité est à 300K (la T° ambiante). Au centre de la barre, la T° est-elle de 450K ?



Paramètres des blocs : les valeurs sont les valeurs par défaut, je cherche à vérifier la stabilisation de la T° à 450K au centre de la barre

**Conductive Heat Transfer**

**Block Parameters: Conductive Heat Transfer**

The block represents heat transfer by conduction through a layer of material. The transfer is governed by the Fourier law and is directly proportional to the material thermal conductivity, area normal to the heat flow direction, temperature difference, and is inversely proportional to the thickness of the layer.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with material layers. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Conductive Heat Transfer](#)

Parameters

Area:  m<sup>2</sup>

Thickness:  m

Thermal conductivity:  W/(m\*K)

OK Cancel Help Apply

**Thermal Mass**

**Block Parameters: Thermal Mass**

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

Parameters

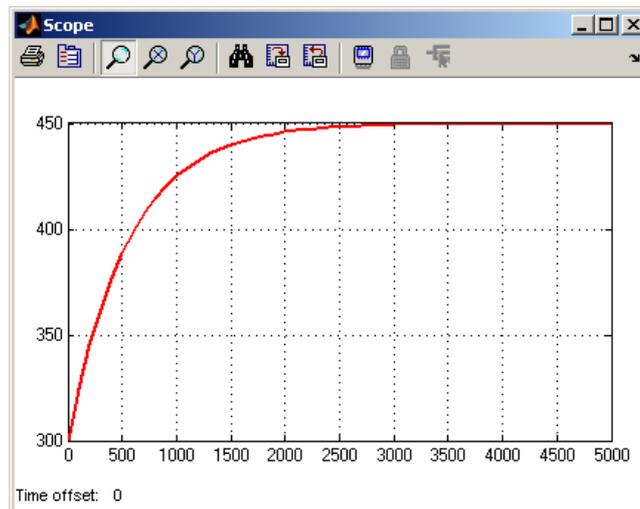
Mass:  kg

Specific heat:  J/kg.K

Initial temperature:  K

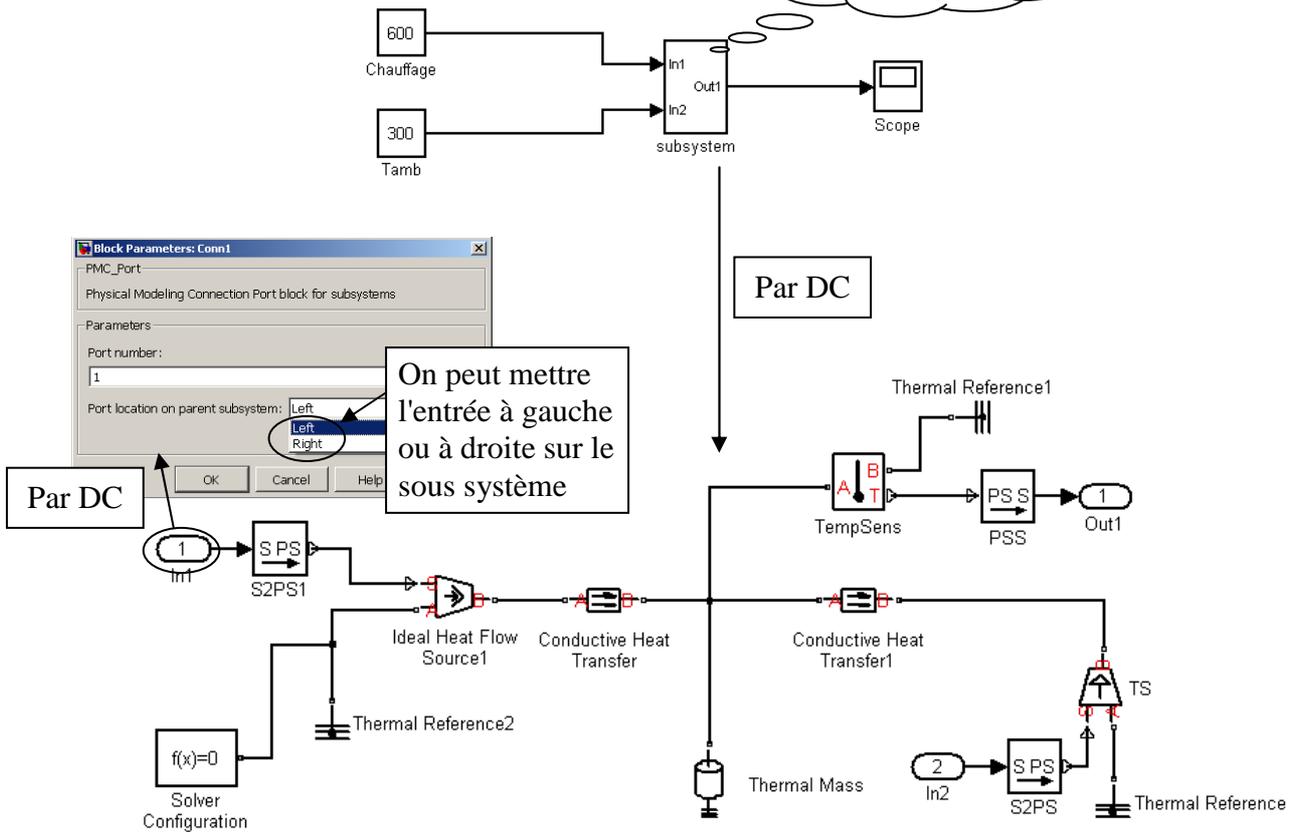
OK Cancel Help Apply

Relevé de simulation : la T° se stabilise bien à 450K

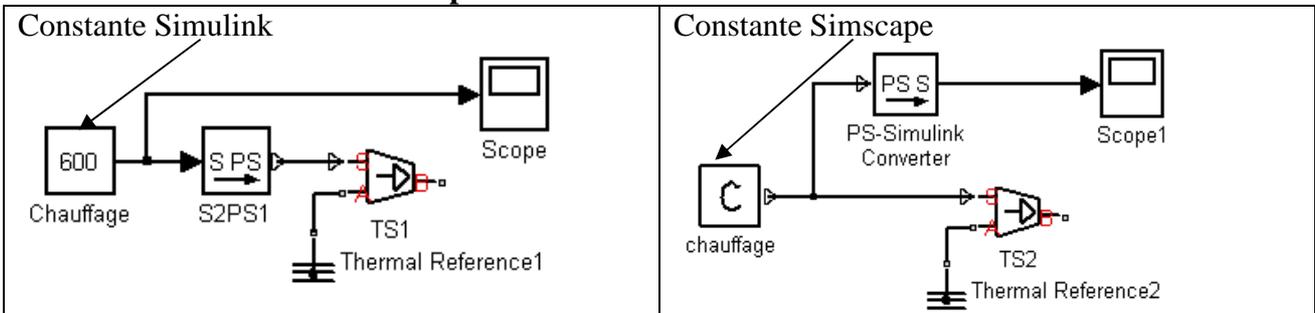


On peut toujours créer un sous système :

Photo et mask



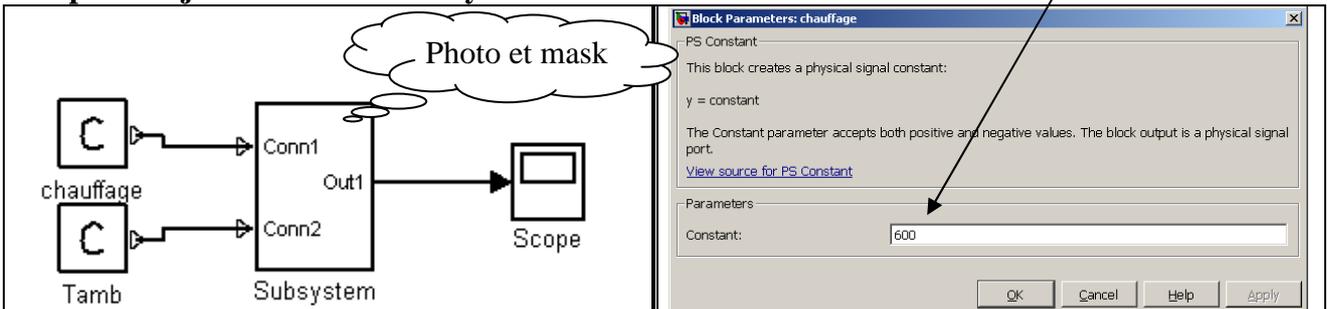
**Constantes Simulink ou Simscape ?**



Dans les 2 cas, il faudra un adaptateur pour passer d'un bloc simscape à simulink et réciproquement (blocs S PS et PS S). Par contre sous simscape, il faut DC sur la cste pour voir sa valeur

On peut toujours créer un sous système :

Photo et mask



### 4.3.5 Exemple 5 : échanges thermiques dans une pièce

#### 4.3.5.1 Simple ou double vitrage ou gaz argon ?

Présentation complète visionnable depuis les webinars de mathwoks

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage ?

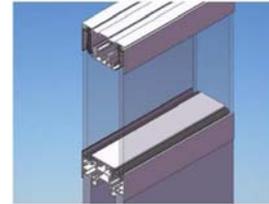
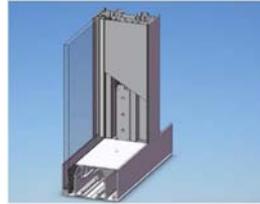
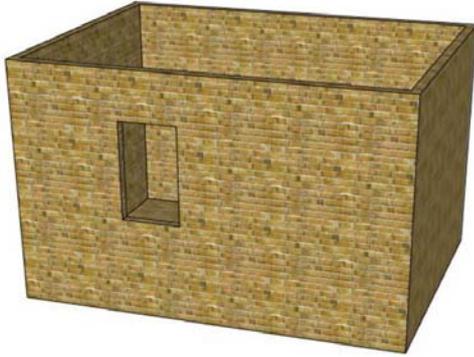
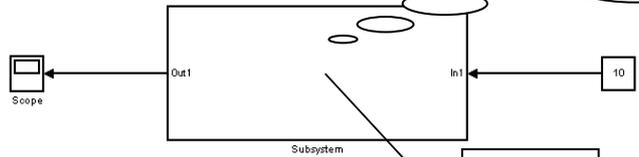


Photo et Mask (BD puis "Edit Mask")

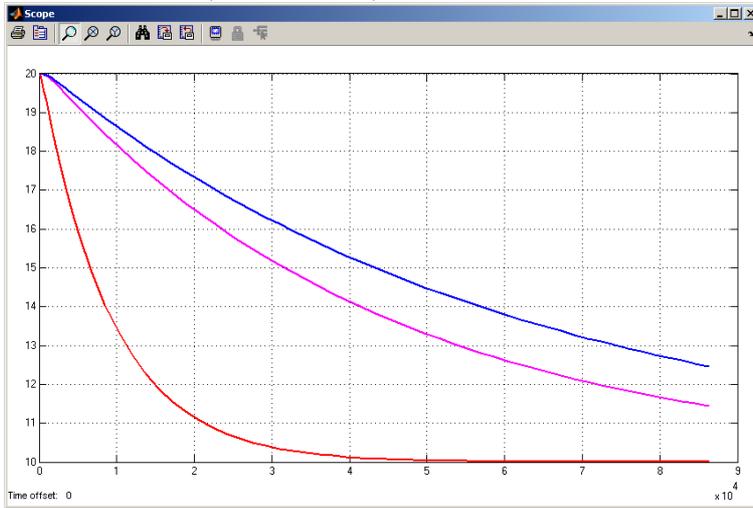
#### Utilisation d'un sous système :



On tient compte que des échanges par les vitres

Par DC

Relevé de simulation (au bout de 24 heures) à partir du mask ci-contre (verre 4-16-4) :



FUNCTION BLOCK Parameters: Système thermique 3 vitrages

Subsystem (mask)

Parameters

- Largeur fenetre ? (m): 0,6
- Hauteur fenetre ? (m): 1
- Epaisseur d'un verre de la fenetre ? (mm): 4
- Epaisseur isolant (air ou argon) ? (mm): 16
- Surface pièce (m<sup>2</sup>): 10
- Hauteur pièce ? (m): 2,5
- Température initiale (°C): 20

Buttons: OK, Cancel, Help, Apply

BD puis "Edit Mask"

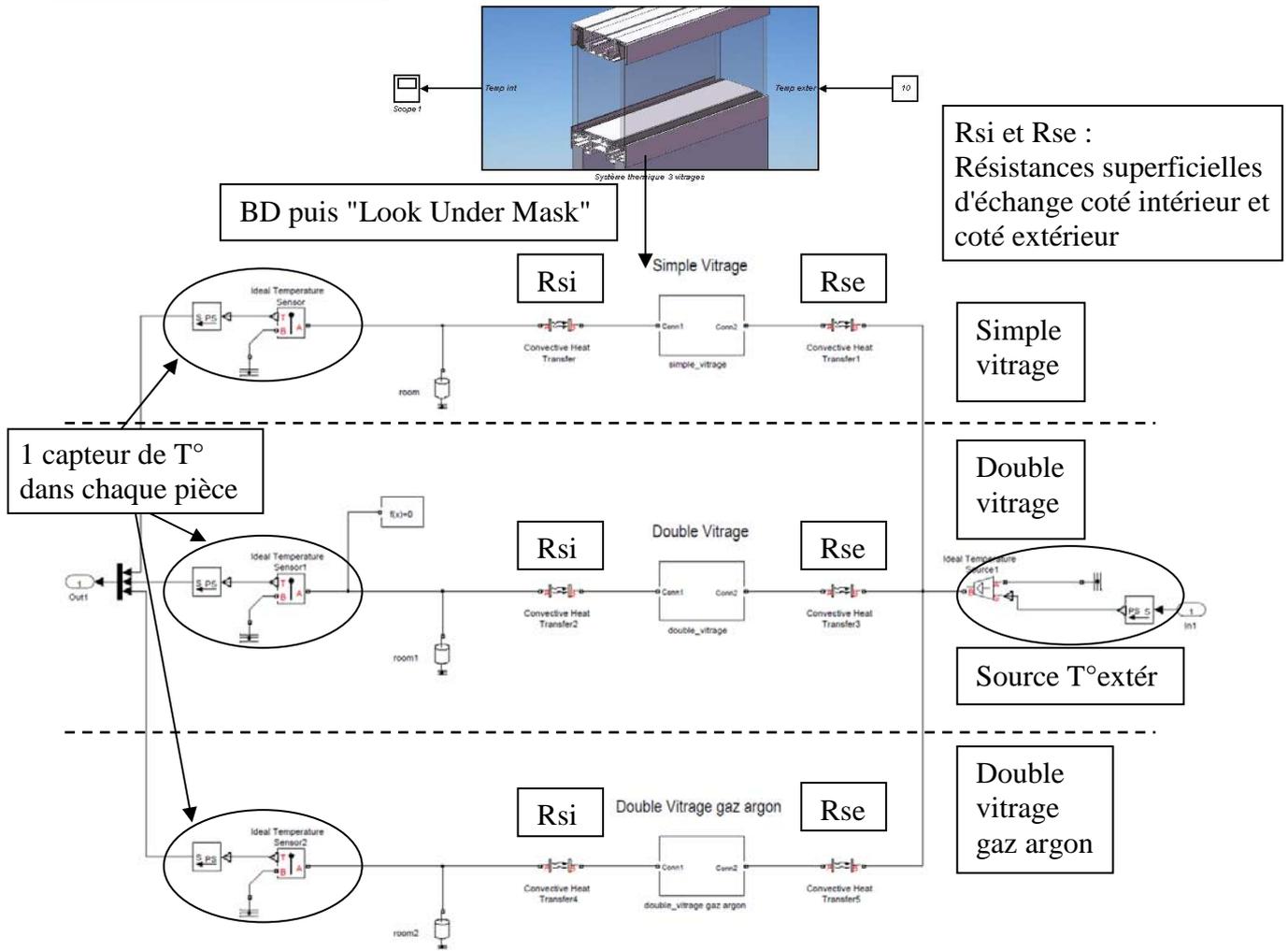
Mask Editor : Système thermique 3 vitrages

Icon & Ports | Parameters | Initialization | Documentation

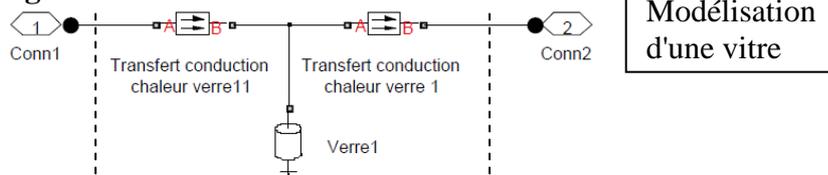
Dialog parameters

| # | Prompt                                    | Variable | Type | Evaluate                            | Tunable                             | Tab name |
|---|---|----------|------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1 | Largeur fenetre ? (m)                     | lf       | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 2 | Hauteur fenetre ? (m)                     | hf       | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 3 | Epaisseur d'un verre de la fenetre ? (mm) | ev       | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 4 | Epaisseur isolant (air ou argon) ? (mm)   | ei       | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 5 | Surface pièce (m <sup>2</sup> )           | sp       | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 6 | Hauteur pièce ? (m)                       | hp       | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 7 | Température initiale (°C)                 | temp     | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |

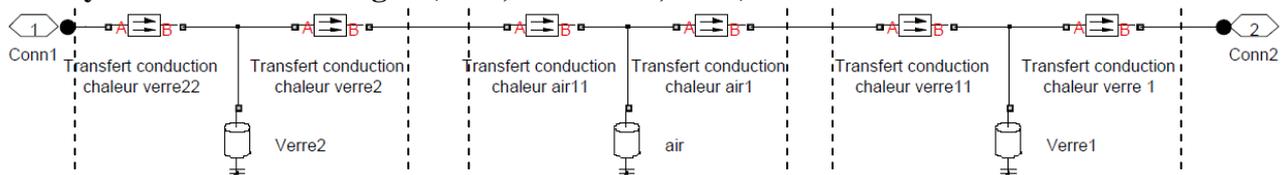
**Contenu du sous système :**



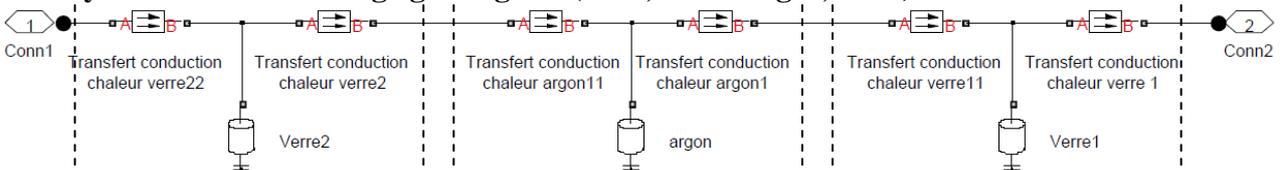
**Sous système "simple vitrage" :**



**Sous système "double vitrage" (vitre, lame d'air, vitre) :**



**Sous système "double vitrage gaz argon" (vitre, lame de gaz, vitre) :**



**Le contenu des blocs pour le "double vitrage" : (pour les valeurs et leurs définitions, voir page suivante)**

**Block Parameters: room1**

Thermal Mass

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

Parameters

Mass:  kg

Specific heat:  J/kg/K

Initial temperature:  C

OK Cancel Help Apply

**Block Parameters: Convective Heat Transfer2**

Convective Heat Transfer

The block represents an energy transfer by convection between two bodies by means of fluid motion. The transfer is governed by the Newton law of cooling and is directly proportional to the convection heat transfer coefficient, surface area, and the temperature difference.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with the points between which the energy transport by convection takes place. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

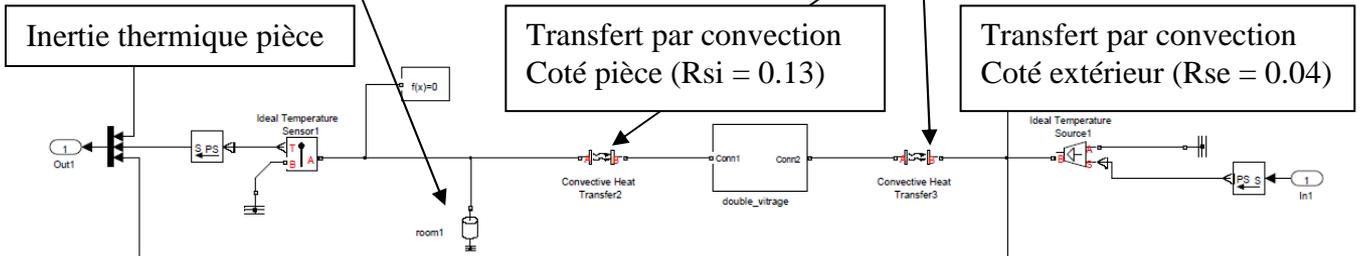
[View source for Convective Heat Transfer](#)

Parameters

Area:  m<sup>2</sup>

Heat transfer coefficient:  W/(m<sup>2</sup> \* K)

OK Cancel Help Apply



**Block Parameters: Transfert conduction chaleur verre22**

Conductive Heat Transfer

The block represents heat transfer by conduction through a layer of material. Fourier law and is directly proportional to the material thermal conductivity, area normal to the heat flow direction, temperature difference, and is inversely proportional to the thickness of the layer.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with material layers. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Conductive Heat Transfer](#)

Parameters

Area:  m<sup>2</sup>

Thickness:  mm

Thermal conductivity:  W/(m\*K)

OK Cancel Help Apply

**Block Parameters: Transfert conduction chaleur air1**

Conductive Heat Transfer

The block represents heat transfer by conduction through a layer of material. Fourier law and is directly proportional to the material thermal conductivity, area normal to the heat flow direction, temperature difference, and is inversely proportional to the thickness of the layer.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with material layers. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Conductive Heat Transfer](#)

Parameters

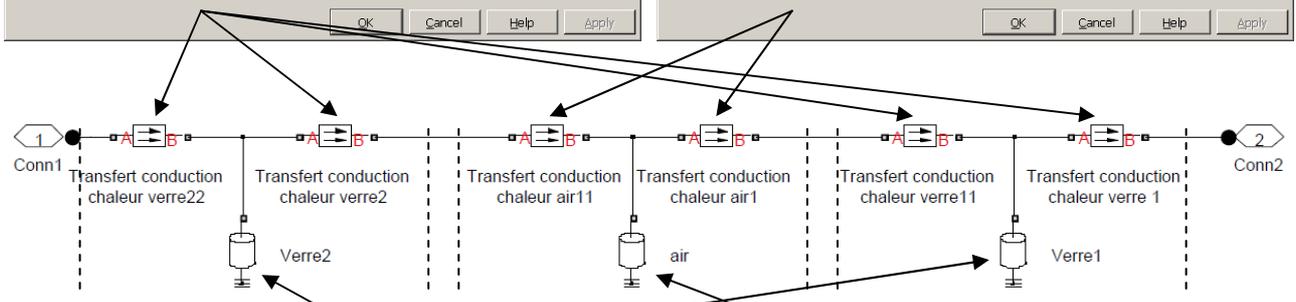
Area:  m<sup>2</sup>

Thickness:  mm

Thermal conductivity:  W/(m\*K)

OK Cancel Help Apply

**Epaisseur à /2 car transfert par conduction des 2 cotés de la paroi (verre ou air)**



**Block Parameters: Verre2**

Thermal Mass

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

Parameters

Mass:  kg

Specific heat:  J/kg/K

Initial temperature:  C

OK Cancel Help Apply

**Block Parameters: air**

Thermal Mass

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

Parameters

Mass:  kg

Specific heat:  J/kg/K

Initial temperature:  C

OK Cancel Help Apply

**Inertie thermique verre et air 1e-3 car épaisseur en mm**

**Définitions des blocs thermiques et valeurs des paramètres (source : Wikipédia) :**

La **chaleur spécifique**, qu'il convient d'appeler **capacité thermique massique**, est définie par la quantité de chaleur à apporter à 1kg du matériau pour élever sa température de 1°C

|        | Chaleur spécifique (J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ) |
|--------|--|
| Air    | 1004   |
| Argon  | 320  |
| Verre  | 720  |
| Brique | 840  |

La **conductivité thermique** est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction notée λ. C'est le flux de chaleur qui traverse la paroi sur 1 mètre d'épaisseur pour 1 mètre carré de surface avec une différence de température de 1 degré entre les 2 faces de cette paroi

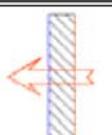
|        | Conductivité thermique λ (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ) |
|--------|--|
| Air    | 0,0262   |
| Argon  | 0,01772  |
| Verre  | 1,2  |
| Brique | 0,84   |

Le **coefficient de transfert thermique** est un flux thermique par convection au travers d'une surface d'échange appelé aussi coefficient de transmission surfacique U. Il permet d'indiquer la facilité avec laquelle l'énergie thermique passe au travers de la surface d'échange

|                              | Coefficient de transfert thermique (W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ) |
|------------------------------|--|
| Verre, brique coté extérieur | 1/0,04   |
| Verre, brique coté pièce     | 1/0,13   |
| Plafond coté extérieur       | 1/0,04   |
| Plafond coté pièce           | 1/0,17   |

$U = 1 / (R_{si} + R + R_{se})$  avec :

$R = ep / \lambda$  ( $R = R_{th} = \text{épaisseur}/\text{conductivité thermique du matériau}$ )

| VALEURS DES RESISTANCES THERMIQUES SUPERFICIELLES (m <sup>2</sup> .K/w)             |              |  |                 |  |                 |
|---|--------------|--|-----------------|--|-----------------|
| Croquis   | Sens du flux | Paroi en contact avec                                |                 |  |                 |
|   |              | L'extérieur<br>Un passage ouvert<br>Un local couvert |                 | Un local non chauffé<br>Un comble<br>Un vide sanitaire |                 |
|   |              | R <sub>si</sub>                                      | R <sub>se</sub> | R <sub>si</sub>  | R <sub>se</sub> |
|  | Horizontal   | 0.13   | 0.04            | 0.13   | 0.13            |
|  | Ascendant    | 0.10   | 0.04            | 0.10   | 0.10            |
|  | Descendant   | 0.17   | 0.04            | 0.17   | 0.17            |

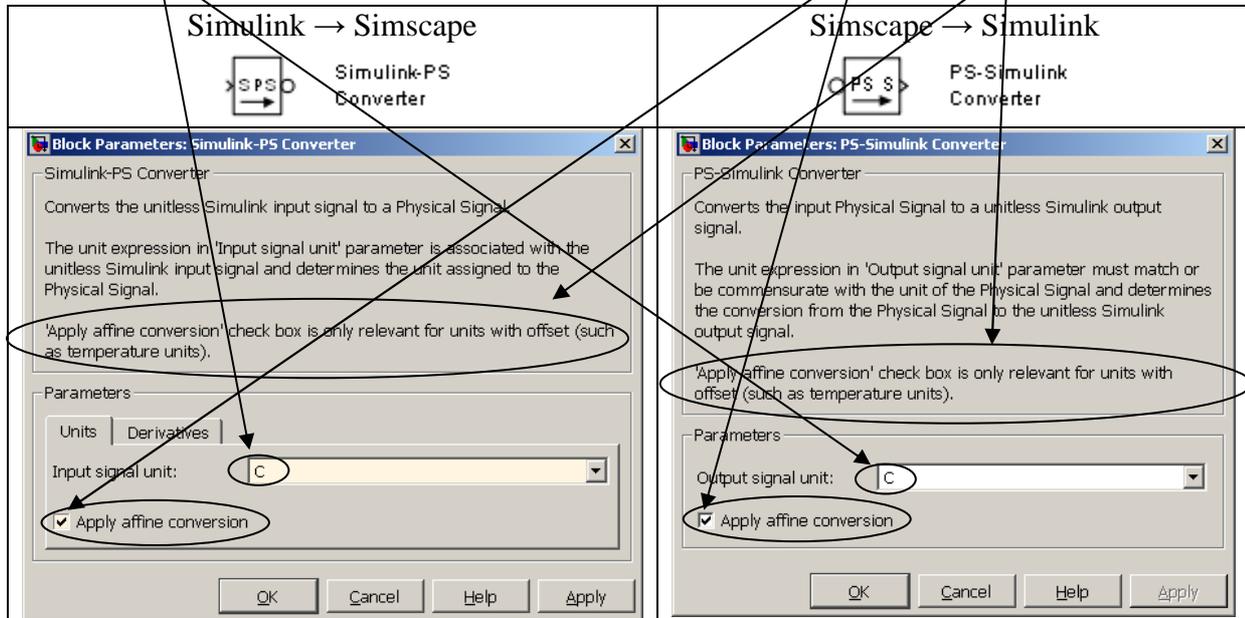
La **masse volumique** est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume

|        | Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------------------------------|
| Air    | 1,204                                |
| Argon  | 1,783                                |
| Verre  | 2530                                 |
| Brique | 1500                                 |

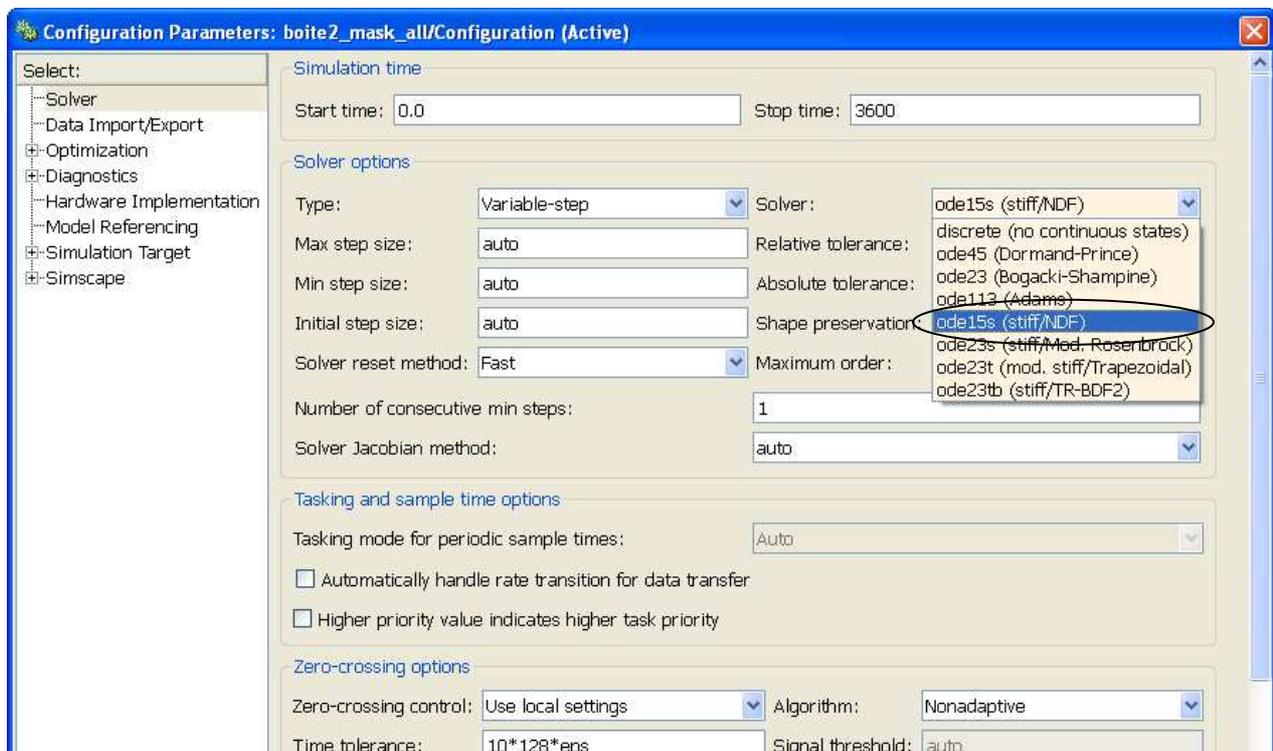
## Affichage des résultats de simulation en °C :

Par défaut l'unité en thermique est le kelvin : K. Si l'on souhaite travailler °C (notamment pour la visualisation des résultats sur le scope, il faut impérativement paramétrer les 2 blocs "passerelle" Simscape/Simulink (et réciproquement) de la manière suivante :

Taper le C à la main pour °C (non présent dans le MD) et cocher (précisé ici)



## Choix du solveur : (pour une simulation thermique)



### 4.3.5.2 Simple, double vitrage, gaz argon et échange thermique par les murs

Temp int

Temp ext

10

Scope

On tient compte des déperditions par les murs

BD "Edit Mask"

Système thermique avec murs et les différents vitrages

Mask Editor : Système thermique avec murs et les différents vitrages

```

Icon Drawing commands
image (imread('piece new.jpg'))
port_label('output', 1, 'Temp int')
port_label('input', 1, 'Temp ext')
    
```

Function Block Parameters: Système thermique avec murs ...

Exemple thermique (mask)

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage et d'épaisseurs des murs ?

Parameters

Longueur pièce ? (m) 3

Largeur pièce ? (m) 3

Hauteur pièce ? (m) 2.5

Les dimensions de la pièce sont les dimensions intérieures

Épaisseur mur ? (cm) 10

Épaisseur plafond ? (cm) 10

Largeur fenêtre ? (m) 1

Hauteur fenêtre ? (m) 2

Épaisseur d'un verre de la fenêtre ? (mm) 4

Épaisseur isolant (air ou argon) ? (mm) 16

Température initiale (°C) 20

Scope

Graph showing temperature (°C) vs Time (x10<sup>4</sup> s). The temperature starts at 20°C and decays towards 10°C.

Le type de vitrage importe peu (les pertes par la surface murale et le plafond l'emportent largement par rapport à celles par la surface vitrée)

## Paramétrage du mask :

Mask Editor : Système thermique avec murs et les différents vitrages

| #  | Prompt                               | Variable | Type  | Evaluate                            | Tunable                             | Tab name |
|----|--------------------------------------|----------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1  | Longueur pièce ? (m)                 | lop      | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 2  | Largeur pièce ? (m)                  | lep      | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 3  | Hauteur pièce ? (m)                  | hp       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 4  | Epaisseur mur ? (cm)                 | em       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 5  | Epaisseur plafond ? (cm)             | ep       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 6  | Largeur fenetre ? (m)                | lf       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 7  | Hauteur fenetre ? (m)                | hf       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 8  | Epaisseur d'un verre de la fenet...  | ev       | popup | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 9  | Epaisseur isolant (air ou argon) ... | ei       | popup | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 10 | Température initiale (°C)            | temp     | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |

Dialog options for selected parameter:

- Enable parameter
- Show parameter

Dialog callback:

```
ev = get_param(gcf, 'ev');
switch ev
case '3'
    ev = 3;
case '4'
    ev = 4;
case '6'
    ev = 6;
end
```

Function Block Parameters: Système thermique

Exemple thermique (mask)

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage et d'épaisseurs des murs ?

Parameters:

- Longueur pièce ? (m): 3
- Largeur pièce ? (m): 3
- Hauteur pièce ? (m): 2.5
- Epaisseur mur ? (cm): 60
- Epaisseur plafond ? (cm): 30
- Largeur fenetre ? (m): 1
- Hauteur fenetre ? (m): 2
- Epaisseur d'un verre de la fenetre ? (mm): 3
- Epaisseur isolant (air ou argon) ? (mm): 12
- Température initiale (°C): 20

Onglet Documentation

Mask Editor : Système thermique avec murs et les différents vitrages

Mask type: Exemple thermique

Mask description: Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T°

Mask help: Il faut remplir les champs, attention aux unités !!

Help

File Edit View Go Favorites Desktop Window Help

Contents Search Results

- Release Notes
- Installation
- MATLAB
- Code Generation from MATLAB

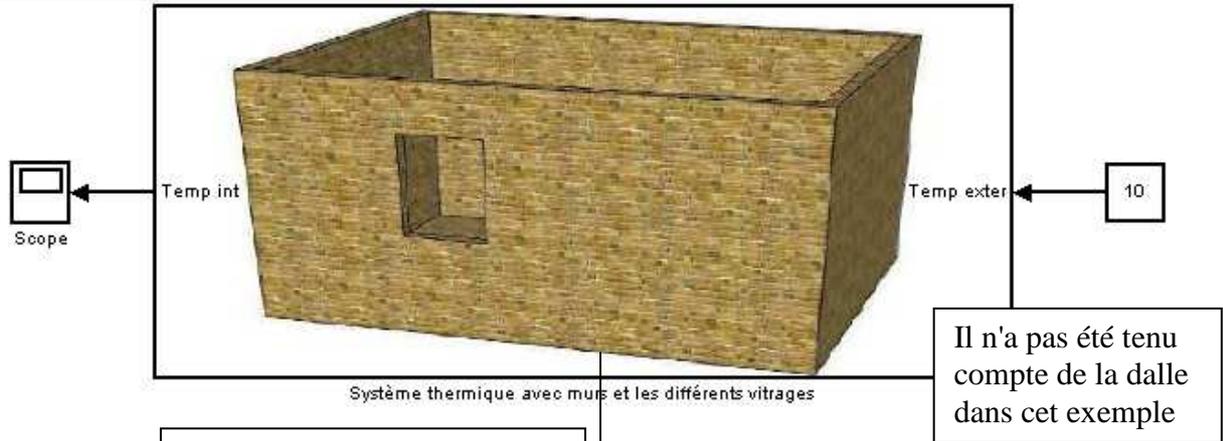
Using Simulink

### Exemple thermique

Il faut remplir les champs, attention aux unités !!

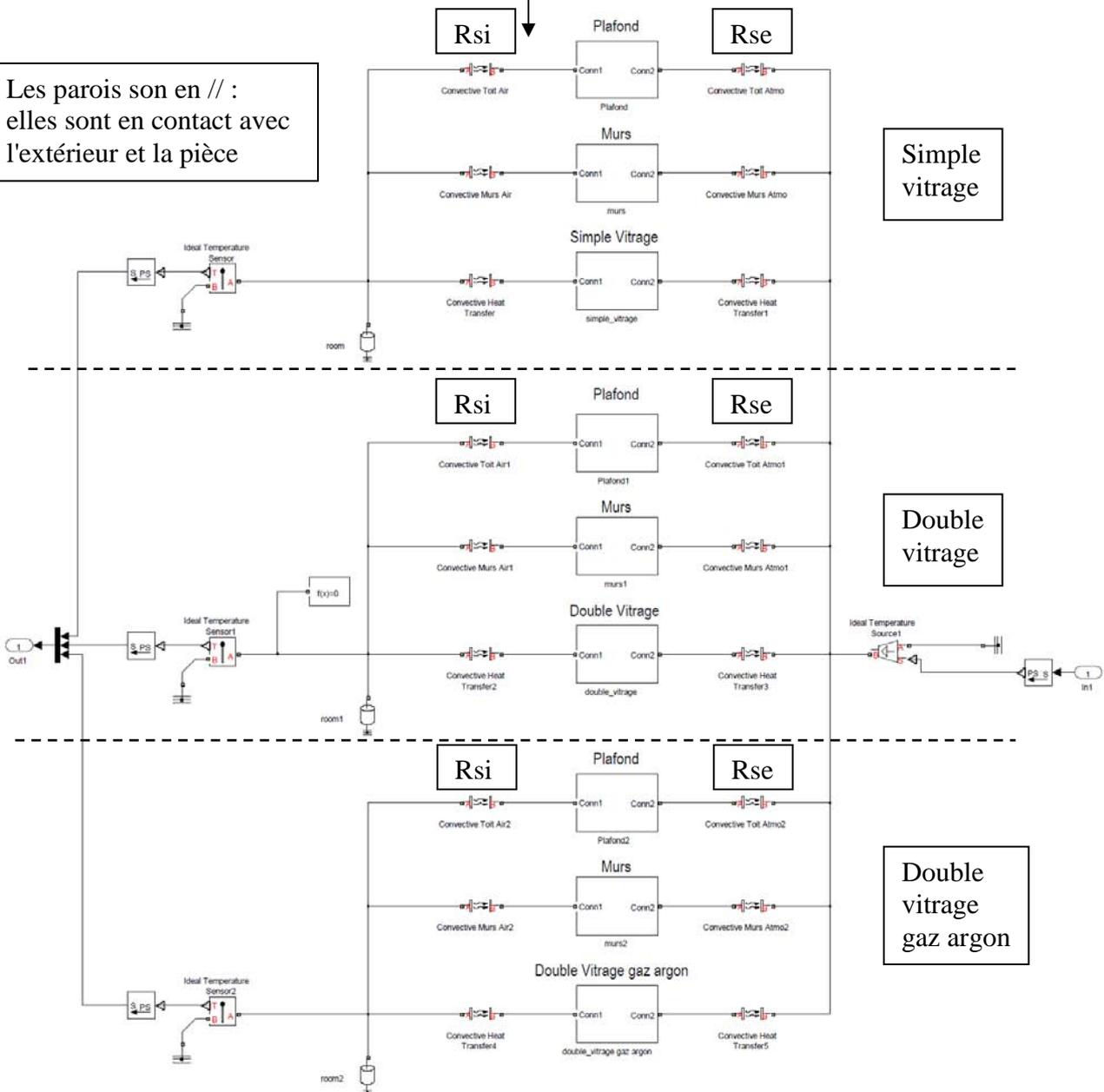
On a de l'aide en français !!

**Le contenu de la modélisation :**



BD puis "Look Under Mask"

Les parois son en // : elles sont en contact avec l'extérieur et la pièce



## Les sous systèmes "murs" et "plafond" et le contenu des blocs :

**Block Parameters: Transfert conduction chaleur mur11**

Conductive Heat Transfer

The block represents heat transfer by conduction through a layer of material. The transfer is governed by the Fourier law and is directly proportional to the material thermal conductivity, area normal to the heat flow direction, temperature difference, and is inversely proportional to the thickness of the layer.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with material layers. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Conductive Heat Transfer](#)

Parameters

Area:  $2 \cdot l_{op} \cdot h_p + 2 \cdot l_{ap} \cdot h_p - l_f \cdot h_f$  m<sup>2</sup>

Thickness:  $em/2$  cm

Thermal conductivity: 0.84 W/(m\*K)

OK Cancel Help Apply

**Block Parameters: Transfert conduction chaleur plafond11**

Conductive Heat Transfer

The block represents heat transfer by conduction through a layer of material. The transfer is governed by the Fourier law and is directly proportional to the material thermal conductivity, area normal to the heat flow direction, temperature difference, and is inversely proportional to the thickness of the layer.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with material layers. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Conductive Heat Transfer](#)

Parameters

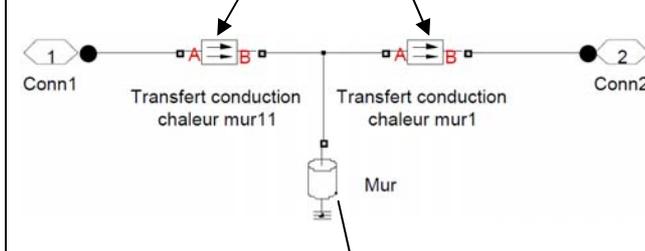
Area:  $l_{op} \cdot l_{ap}$  m<sup>2</sup>

Thickness:  $ep/2$  cm

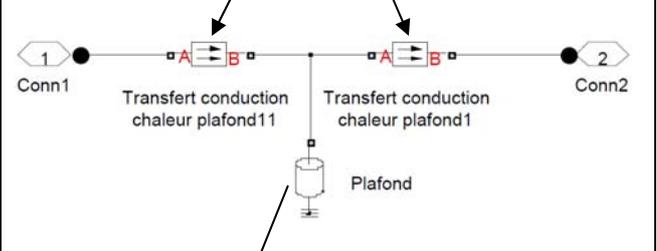
Thermal conductivity: 0.84 W/(m\*K)

OK Cancel Help Apply

### Le sous système "murs" :



### Le sous système "plafond" :



**Block Parameters: Mur**

Thermal Mass

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

Parameters

Mass:  $(2 \cdot l_{op} \cdot h_p + 2 \cdot l_{ap} \cdot h_p - l_f \cdot h_f) \cdot em \cdot 1e-2 \cdot 1500$  kg

Specific heat: 840 J/kg/K

Initial temperature: temp C

OK Cancel Help Apply

**Block Parameters: Plafond**

Thermal Mass

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

Parameters

Mass:  $l_{op} \cdot l_{ap} \cdot ep \cdot 1e-2 \cdot 1500$  kg

Specific heat: 840 J/kg/K

Initial temperature: temp C

OK Cancel Help Apply

## Les blocs "convections" pour les murs et le plafond :

**Block Parameters: Convective Murs Atmo**

Convective Heat Transfer

The block represents an energy transfer by convection between two bodies by means of fluid motion. The transfer is governed by the Newton law of cooling and is directly proportional to the convection heat transfer coefficient, surface area, and the temperature difference.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with the points between which the energy transport by convection takes place. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Convective Heat Transfer](#)

Parameters

Area:  $2 \cdot l_{op} \cdot h_p + 2 \cdot l_{ap} \cdot h_p - l_f \cdot h_f$  m<sup>2</sup>

Heat transfer coefficient: 1/0.04 W/(m<sup>2</sup> \* K)

OK Cancel Help Apply

**Block Parameters: Convective Toit Atmo**

Convective Heat Transfer

The block represents an energy transfer by convection between two bodies by means of fluid motion. The transfer is governed by the Newton law of cooling and is directly proportional to the convection heat transfer coefficient, surface area, and the temperature difference.

Connections A and B are thermal conserving ports associated with the points between which the energy transport by convection takes place. The block positive direction is from port A to port B. This means that the heat flow is positive if it flows from A to B.

[View source for Convective Heat Transfer](#)

Parameters

Area:  $l_{op} \cdot l_{ap}$  m<sup>2</sup>

Heat transfer coefficient: 1/0.04 W/(m<sup>2</sup> \* K)

OK Cancel Help Apply

**Présentation du mask par onglets :**

Function Block Parameters: Système thermique avec murs et les d... X

Exemple thermique (mask)

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage et d'épaisseurs des murs ?

Parameters

Longueur pièce ? (m)

Largeur pièce ? (m)

Hauteur pièce ? (m)

Epaisseur mur ? (cm)

Epaisseur plafond ? (cm)

Largeur fenetre ? (m)

Hauteur fenetre ? (m)

Epaisseur d'un verre de la fenetre ? (mm)

Epaisseur isolant (air ou argon) ? (mm)

Température initiale (°C)

OK Cancel Help Apply

Nombreux paramètres

Mask Editor : Système thermique avec murs et les différents vitrages BD : "Edit Mask"

Icon & Ports Parameters Initialization Documentation

Dialog parameters

| #  | Prompt                                | Variable | Type  | Evaluate                            | Tunable                             | Tab name    |
|----|---------------------------------------|----------|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 1  | Longueur pièce ? (m)                  | lop      | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 2  | Largeur pièce ? (m)                   | lap      | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 3  | Hauteur pièce ? (m)                   | hp       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 4  | Epaisseur mur ? (cm)                  | em       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 5  | Epaisseur plafond ? (cm)              | ep       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 6  | Largeur fenetre ? (m)                 | lf       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | fenetre     |
| 7  | Hauteur fenetre ? (m)                 | hf       | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | fenetre     |
| 8  | Epaisseur d'un verre de la fenetr...  | ev       | popup | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | fenetre     |
| 9  | Epaisseur isolant (air ou argon) ?... | ei       | popup | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | fenetre     |
| 10 | Température initiale (°C)             | temp     | edit  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | temperature |

D'où on obtient cette présentation par onglets :

Function Block Parameters: Système thermique avec murs e... X

Exemple thermique (mask)

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage et d'épaisseurs des murs ?

pièce fenetre temperature

Longueur pièce ? (m)

Largeur pièce ? (m)

Hauteur pièce ? (m)

Epaisseur mur ? (cm)

Epaisseur plafond ? (cm)

OK Cancel Help Apply

Function Block Parameters: Système thermique avec murs e... X

Exemple thermique (mask)

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage et d'épaisseurs des murs ?

pièce fenetre temperature

Largeur fenetre ? (m)

Hauteur fenetre ? (m)

Epaisseur d'un verre de la fenetre ? (mm) 4

Epaisseur isolant (air ou argon) ? (mm) 16

OK Cancel Help Apply

Function Block Parameters: Système thermique avec murs e... X

Exemple thermique (mask)

Au bout de combien de temps une pièce atteint la T° extérieure (10°C) à partir d'une T° initiale (20°C) sans chauffage suivant différents types de vitrage et d'épaisseurs des murs ?

pièce fenetre temperature

Température initiale (°C)

OK Cancel Help Apply

### 4.3.5.3 Double vitrage, échange thermique par les murs et isolation

Pas de chauffage donc suivant le type d'isolant, on tendra plus ou moins rapidement vers la T° extérieure de 10°C

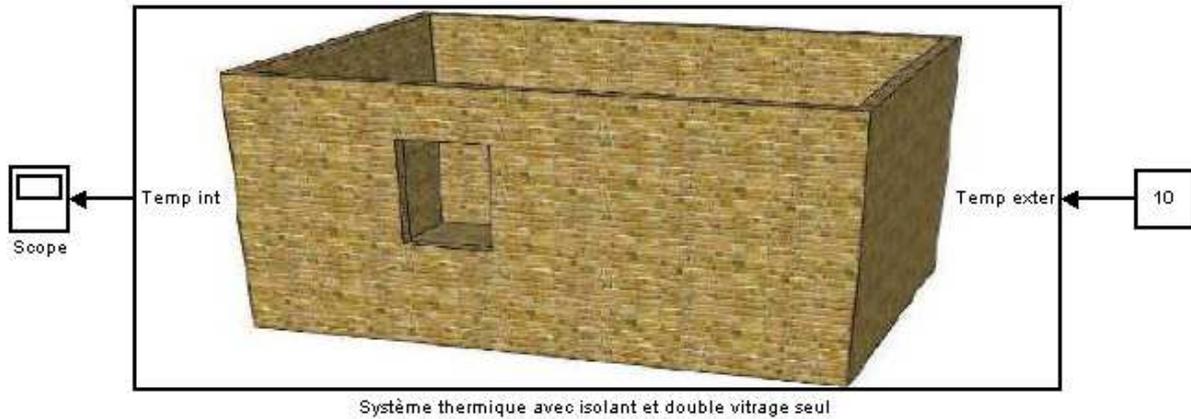
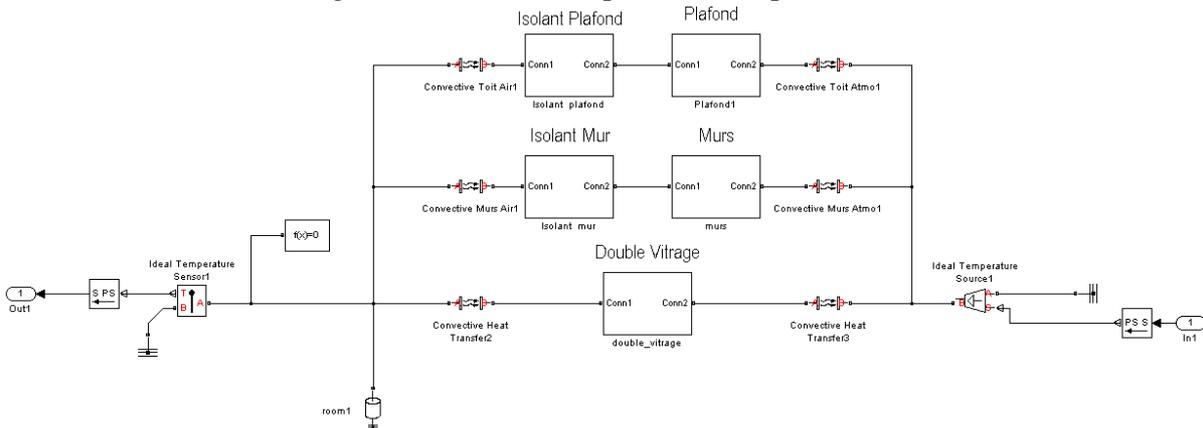


Schéma interne (double vitrage seul, choix de ma part !!) : BD puis "Look Under Mask"



Pour la surface de la pièce, on enlève la "place" prise par l'isolant :

**Block Parameters: room1**

Thermal Mass

The block represents a thermal mass, which is the ability of a material or combination of materials to store internal energy. The property is characterized by mass of the material and its specific heat.

The block has one thermal conserving port. The block positive direction is from its port towards the block. This means that the heat flow is positive if it flows into the block.

[View source for Thermal Mass](#)

---

Parameters

Mass:  kg

Specific heat:  J/kg/K

Initial temperature:  C

## La syntaxe pour la sélection d'une isolation on non :

The screenshot shows the 'Mask Editor' interface with a table of dialog parameters and a code editor. The table lists parameters #10 to #15. Parameter #11 is a checkbox for 'Isolation intérieure ?'. Parameters #12 and #13 are popup menus for wall insulation type and thickness. Parameters #14 and #15 are popup menus for ceiling insulation type and thickness. The code editor shows a 'Dialog callback' function that sets 'MaskVisibilities' based on the state of these parameters. A callout box points to the 'checkbox' type for parameter #11, stating: 'On affiche les 15 "Prompt" Isolation sélectionnée (15 "on")'. Another callout box points to the 'off' values in the code for parameters #12 and #13, stating: 'On affiche 13 "Prompt" Isolation non sélectionnée donc non affichée : off pour #12 et #13'.

| #  | Prompt                           | Variable   | Type     | Evaluate | Tunable | Tab name    |
|----|----------------------------------|------------|----------|----------|---------|-------------|
| 10 | Température initiale (°C)        | temp       | edit     | ✓        | ✓       | temperature |
| 11 | Isolation intérieure ?           | isointer   | checkbox | ✓        | ✓       | isolation   |
| 12 | Type isolant Mur ?               | isomur     | popup    | ✓        | ✓       | isolation   |
| 13 | Epaisseur isolant Mur (cm) ?     | eim        | edit     | ✓        | ✓       | isolation   |
| 14 | Type isolant Plafond ?           | isoplafond | popup    | ✓        | ✓       | isolation   |
| 15 | Epaisseur isolant Plafond (cm) ? | eip        | edit     | ✓        | ✓       | isolation   |

### Isolation (murale) sélectionnée :

This screenshot shows the 'Function Block Parameters' dialog for 'Système thermique avec isolant, doub...'. The 'isolation' tab is active. The 'Isolation intérieure ?' checkbox is checked. The 'Type isolant Mur ?' dropdown is set to 'Panneau de cellulose'. The 'Epaisseur isolant M' field is set to '10'. The 'Type isolant Plafond ?' dropdown is set to 'Vermiculite'. The 'Epaisseur isolant Plafond (cm) ?' field is set to '30'.

### Isolation (murale) non sélectionnée :

This screenshot shows the same 'Function Block Parameters' dialog, but the 'isolation' checkbox is unchecked. The 'Type isolant Mur ?' dropdown is now empty. The 'Epaisseur isolant Plafond (cm) ?' field is still set to '30'.

Choix possibles du type d'isolant et d'épaisseur pour le plafond et/ou les murs

Les valeurs propres à chaque isolant suivant l'isolant choisi (masse volumique, chaleur spécifique et conductivité thermique) :

The screenshot shows the 'Mask Editor' with a code editor displaying a 'Dialog callback' function. The code uses a 'switch' statement to assign material properties (ctim, csim, nvim) based on the selected wall insulation type ('isomur').

```

Dialog callback:
isomur = get_param(gcb,'isomur');
switch isomur
case 'Panneau de cellulose'
ctim = 0.038; %ct : conductivité thermique
csim = 1944; %cs : chaleur spécifique
nvim = 80; %nv : masse volumique
case 'Gyproc'
ctim = 0.21;
csim = 792;
nvim = 900;
case 'Laine de verre'
ctim = 0.033;
csim = 839;
nvim = 25;
end
    
```

A callout box points to the code, stating: 'Valeurs prises dans le tableau de la page suivante'.

Ma source pour les valeurs masse volumique, chaleur spécifique et conductivité thermique : <http://www.ecobati.be/fr/services/conseils/explication-technique/comparatif-de-different-materiaux.html>

## Tableau comparatif de différent matériaux de même épaisseur



| Tableau comparatif de différent matériaux de même épaisseur | Densité : kg / m <sup>3</sup> | Été +<br><u>Chaleur spécifique</u> : C<br>+ le nombre est grand, meilleur est le produit j/kg.k | Hiver -<br><u>Conductibilité thermique</u> : λ<br>+ le nombre est petit meilleur est le produit W/mK | <u>Diffusivité thermique</u> :<br>+ le nombre est petit, meilleur est le produit |
|---|-------------------------------|---|--|--|
| <b>Très bon résultat</b>                                    |                               |   |  |  |
| <u>Pavafloor NK plaque de sol</u>                           | 1000                          | 2099  | 0,17   | 3  |
| <u>Steico floor</u>   | idem                          | idem  | idem   | idem   |
| <u>Diffutherm isolant à enduire</u>                         | 200                           | 2099  | 0,045  | 4  |
| <u>Steico Protect</u>                                       | idem                          | idem  | idem   | idem   |
| Béton   | 2200                          | 1044  | 0,29   | 5  |
| Bois  | 550                           | 1880  | 0,14   | 5  |
| <u>Pavatherm</u> panneau de bois feutré                     | 170                           | 2099  | 0,045  | 5  |
| <u>Steico Therm</u>   | idem                          | idem  | idem   | idem   |
| <u>Liège expansé</u>  | 111 *                         | 1800  | 0,037  | 7 *  |
| <u>Fermacell</u>  | 1150                          | 1489  | 0,36   | 8  |
| Brique isolante   | 1150                          | 1008  | 0,27   | 8  |
| <u>Homatherm</u> panneau de cellulose                       | 80=>60                        | 1944 **   | 0,038 **   | 9 **   |
| Brique  | 800                           | 1008  | 0,21   | 9  |
| <u>Thermofloc</u> flocons de cellulose                      | 35 à 60                       | 1944  | 0,037  | 2  |
| <b>Bon résultat</b>   |                               |   |  |  |
| <u>Gyproc</u>   | 900                           | 792   | 0,21   | 11   |
| Bloc snelbouw   | 1150                          | 1008  | 0,37   | 11   |
| Béton léger   | 800                           | 1044  | 0,29   | 13   |
| Vermiculite   | 180                           | 900   | 0,058  | 13   |
| Béton cellulaire  | 650                           | 839   | 0,2  | 13   |
| Bloc d'argile expansée                                      | 1050                          | 839   | 0,35   | 14   |
| <b>Résultat moyen</b>                                       |                               |   |  |  |
| Silicocalcaire  | 1330                          | 839   | 0,5  | 16   |
| Verre   | 2500                          | 828   | 0,93   | 16   |
| Mousse PU   | 30                            | 1404  | 0,03   | 26   |
| PS3 expansé   | 30                            | 1404  | 0,034  | 29   |
| <u>Laine de chanvre</u>                                     | 45=>40                        | 1800 ***  | 0,036 ***  | 23 ***   |
| Pierre sédimentaire   | 2600                          | 900   | 2,3  | 35   |
| Isovlas laine de lin  | 18                            | 1880  | 0,036  | 37   |
| Laine de roche  | 35                            | 839   | 0,033  | 40   |
| PS2 expansé   | 20                            | 1404  | 0,036  | 46   |
| <u>Laine de verre</u>                                       | 25                            | 839   | 0,033  | 57   |
| PS1 expansé   | 15                            | 1404  | 0,038  | 65   |
| <b>Résultat effrayant</b>                                   |                               |   |  |  |
| Profilé fer   | 7800                          | 612   | 58   | 437  |
| Aluminium   | 2700                          | 828   | 200  | 3221   |

\* Le Liège s'est amélioré (chiffres disponibles prochainement).

\*\* Le Homatherm est actuellement plus attractif au niveau du prix : il est passé de 80kg/m<sup>3</sup> à 60kg/m<sup>3</sup> de densité pour un résultat presque similaire (chiffres disponibles prochainement).

\*\*\* Notre laine de chanvre est passé de 45 kg/m<sup>3</sup> à 40kg/m<sup>3</sup> de densité ce qui la rend moins chère pour un résultat optimisé (chiffres disponibles prochainement).

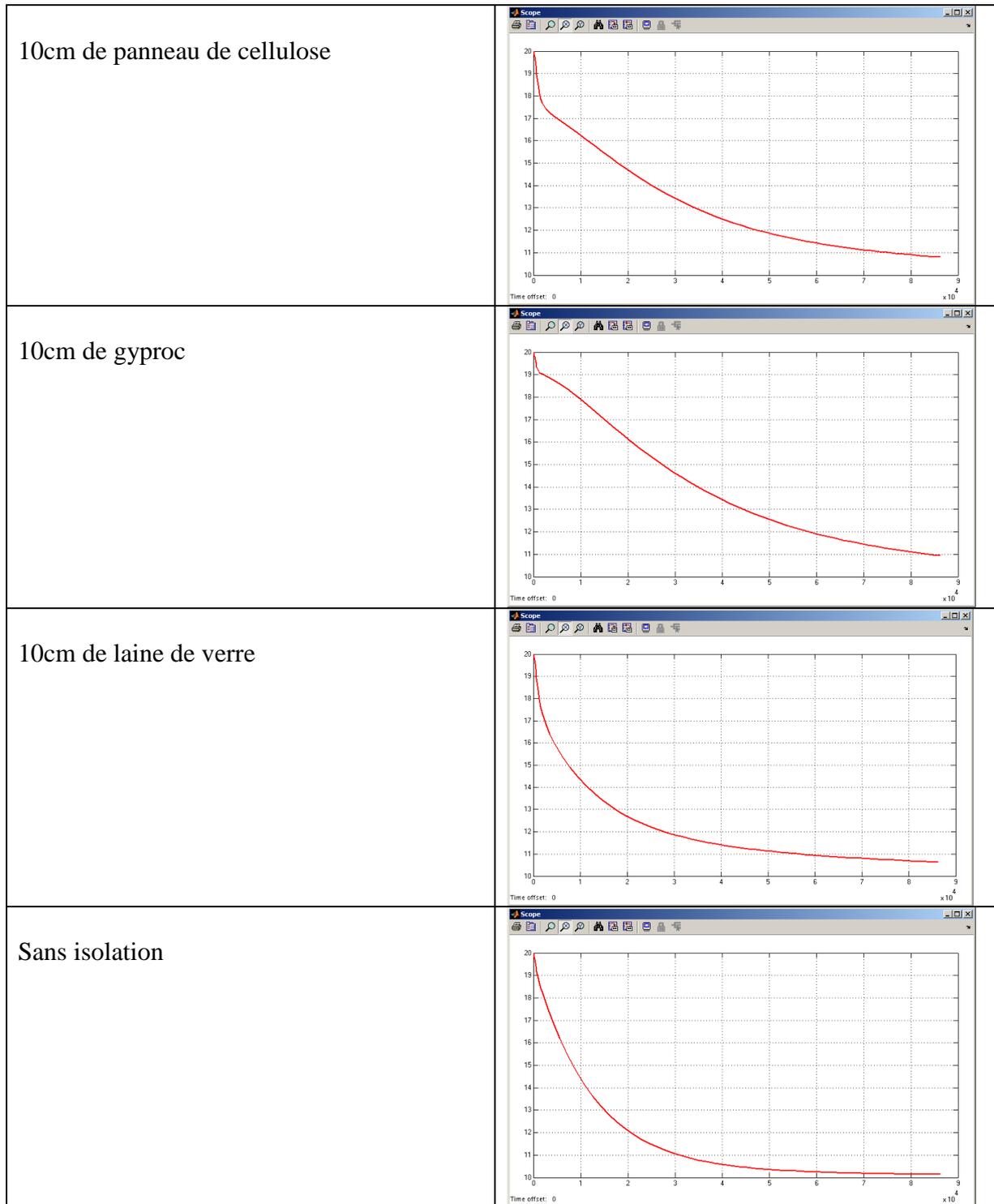
Les matériaux dont le coefficient λ est inférieur à 0,06 W/m<sup>2</sup>K conviennent comme isolant en hiver : ils tiennent le froid à l'extérieur et la chaleur à l'intérieur.

Les matériaux dont la valeur α est inférieur à 15 apportent un confort en été : ils tiennent la chaleur dehors et la fraîcheur à l'intérieur.

Seuls les matériaux qui répondent aux deux conditions sont pris en considération pour l'isolation de construction légères comme les toits, les constructions à ossatures bois, etc.

### Résultats de simulation :

30cm de vermiculite pour le plafond et les 3 types d'isolant pour le mur (10cm à chaque fois) :  
Simulation de 24 heures



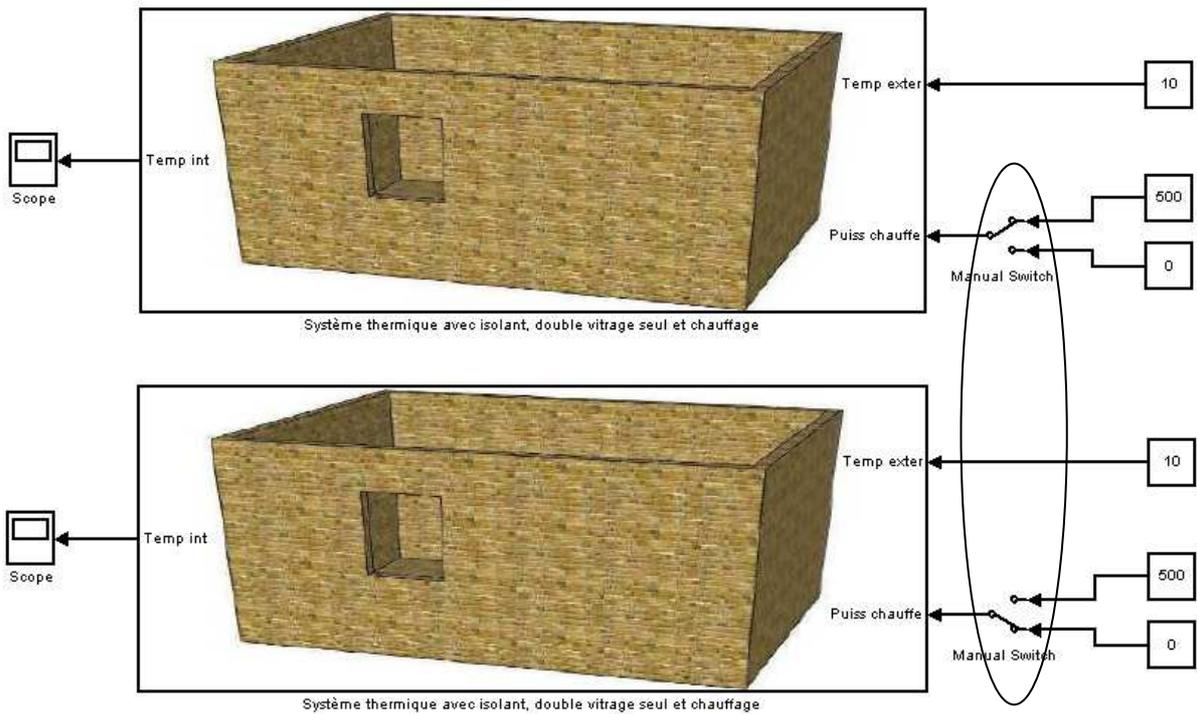
On perd plus vite sans isolation, normal..

On perd également très vite avec la laine de verre

Il faut chauffer !!!

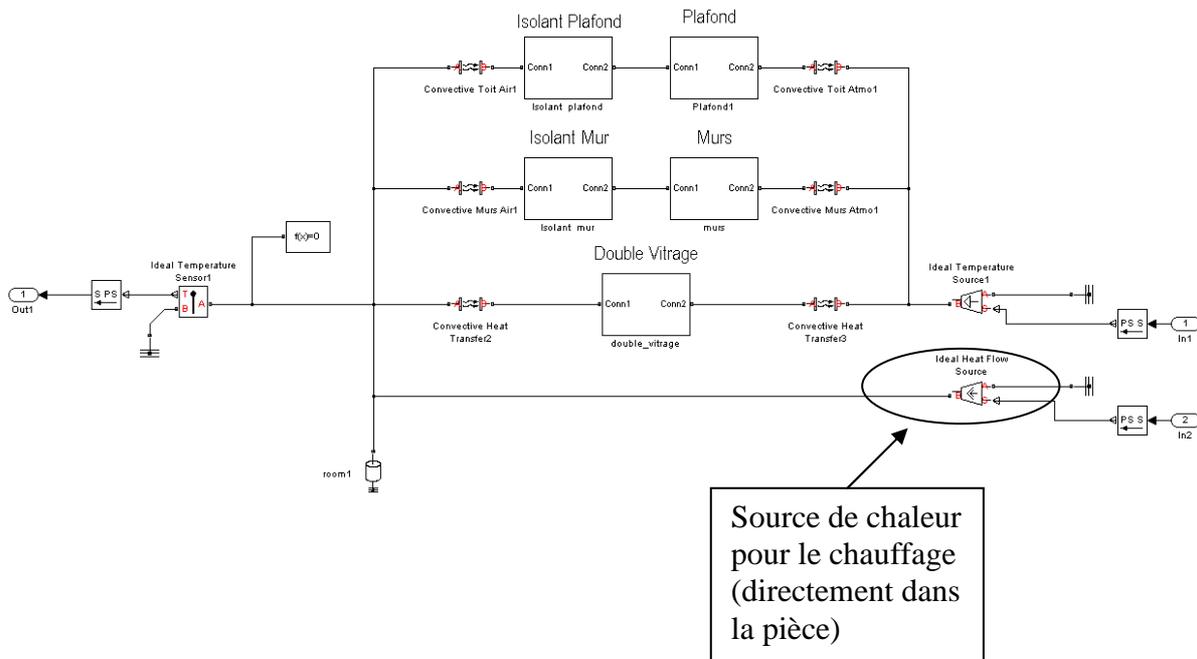
On ne trouve pas toujours tout à fait les mêmes caractéristiques pour un même isolant suivant les sites internet... (cf les 2 fichiers joints dans le répertoire isolant)

### 4.3.5.4 Double vitrage, échange thermique par les murs, isolation et chauffage



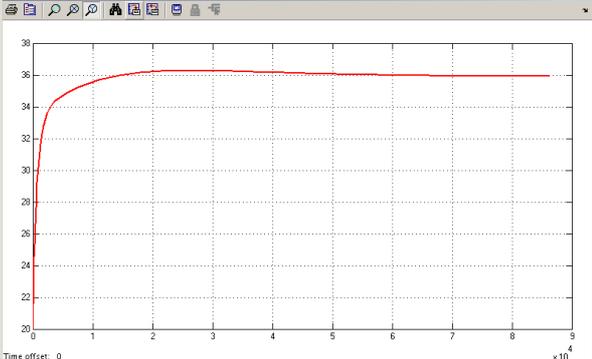
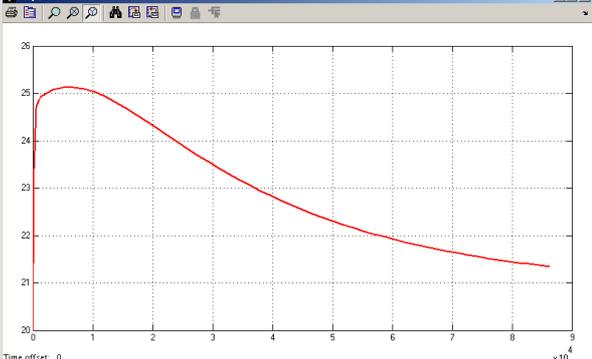
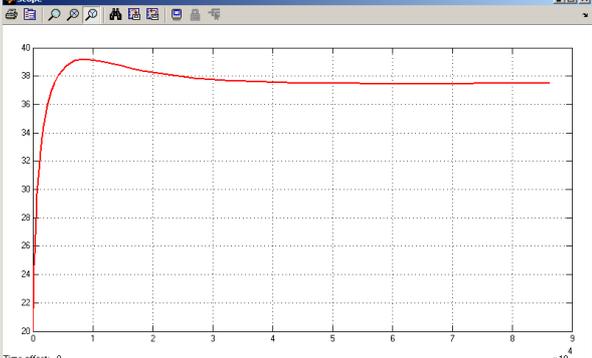
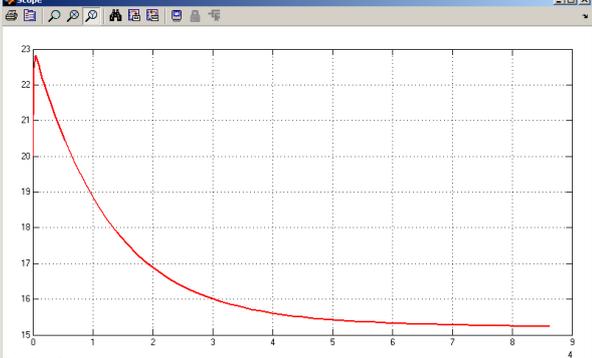
Si inter sur position 0, on retrouve les relevés précédents, normal !!! Sinon on a une puissance de chauffe de 500 W

Schéma interne : BD puis "Look Under Mask"



**Résultats de simulation avec un chauffage de 500W :**

30cm de vermiculite pour le plafond et les 3 types d'isolant pour le mur (10cm à chaque fois) :  
Simulation de 24 heures

|                              |  |
|------------------------------|--|
| 10cm de panneau de cellulose |    |
| 10cm de gyproc               |   |
| 10cm de laine de verre       |  |
| Sans isolation               |  |

Sans isolation, on arrive à 15°C

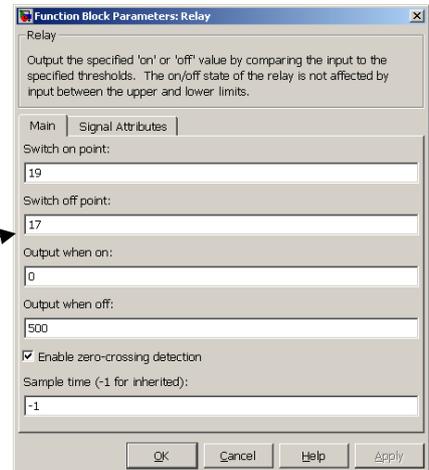
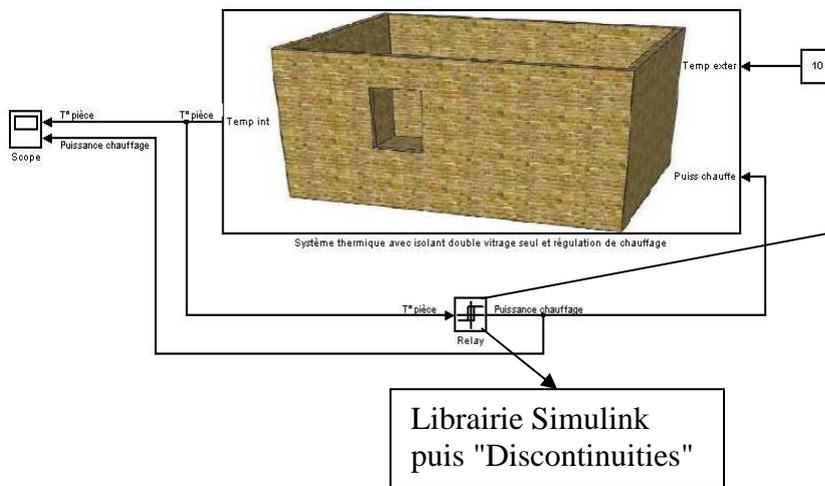
Le gyproc est nettement moins bon que les panneaux de cellulose ou que la laine de verre !!

Avec ces 2 derniers les T° atteintes sont élevés, nécessité d'une régulation

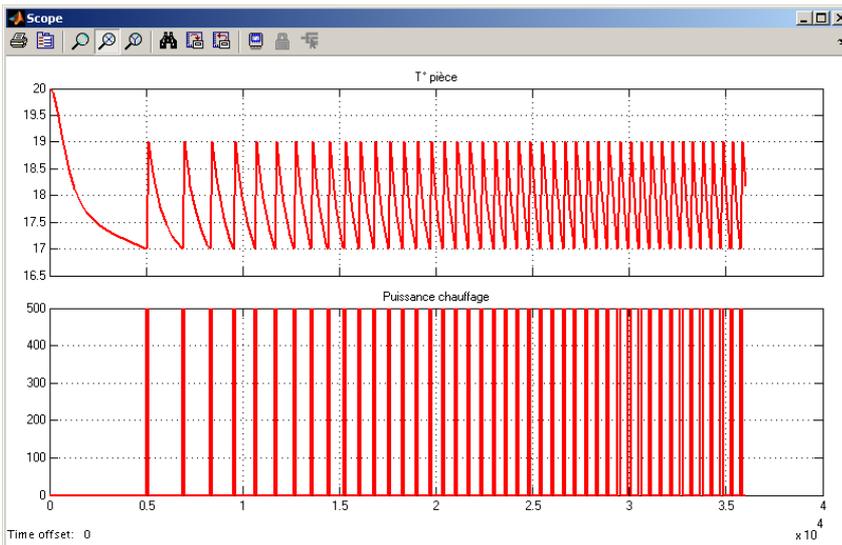
Il y a un dépassement car les constantes de temps des variations de T° dues au chauffage et la T° extérieure sont très différentes

**Avec un thermostat :**

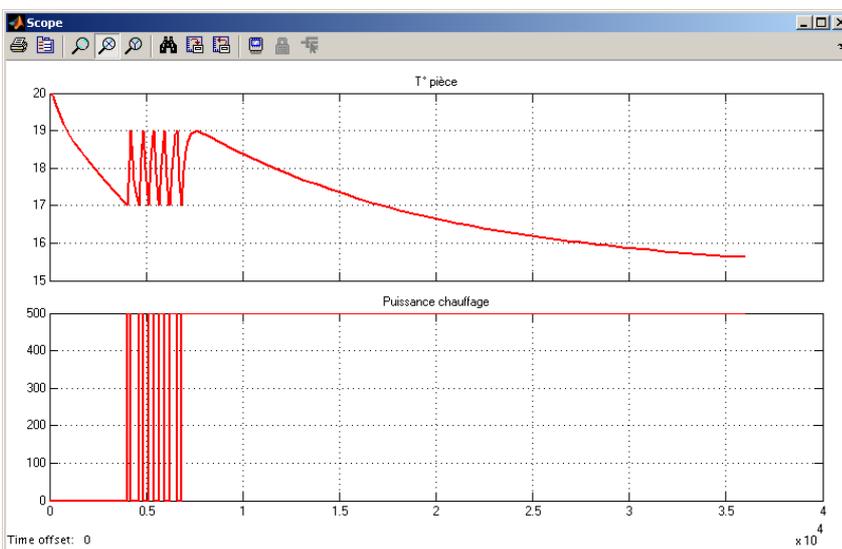
On dépasse la T° initiale de 20°C donc nécessité de mettre un thermostat, on chauffe en dessous d'une certaine T° et arrête au dessus d'une autre (régulation)



**Résultats de simulation (10 heures) :**



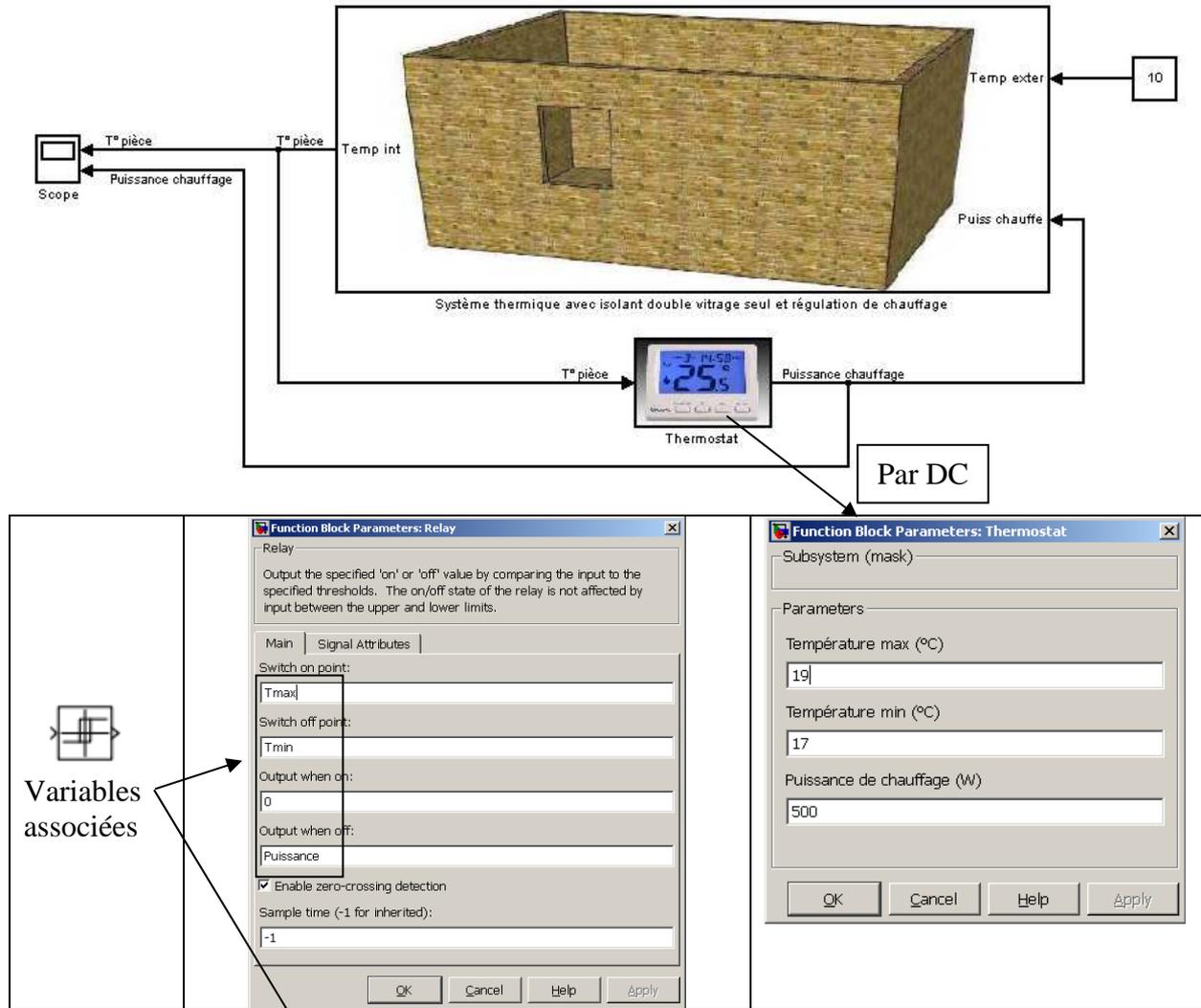
**Avec** isolation de 10cm de panneau de cellulose sur les murs :  
Régulation entre 17°C et 19°C



**Sans** isolation sur les murs :  
La régulation n'est plus possible malgré le chauffage à pleine puissance (T°C de 19°C non atteinte)  
Solutions :  
Isoler  
Augmenter la puissance du chauffage (facture...)

**Sous système :**

Création d'un sous système relay (thermostat) par sélection puis BD "Create Mask", on pourrait aussi l'inclure directement dans le sous système (création d'un nouvel onglet "thermostat" dans le mask)



Mask Editor : Thermostat

Icon & Ports Parameters Initialization Documentation

Dialog parameters

| # | Prompt                     | Variable  | Type | Evaluate                            | Tunable                             | Tab name |
|---|----------------------------|-----------|------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1 | Température max (°C)       | Tmax      | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 2 | Température min (°C)       | Tmin      | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |
| 3 | Puissance de chauffage (W) | Puissance | edit | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |          |

On retrouve évidemment les mêmes résultats de simulation que précédemment

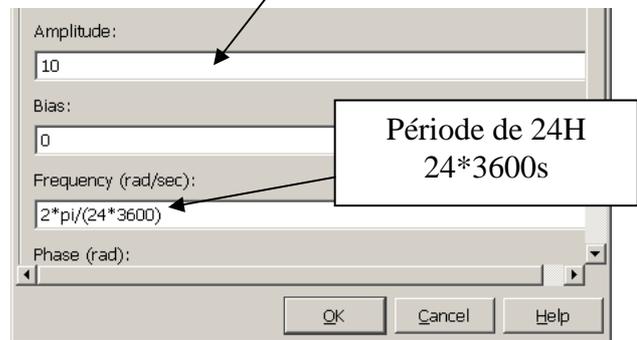
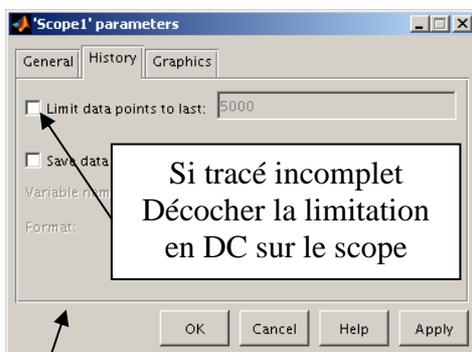
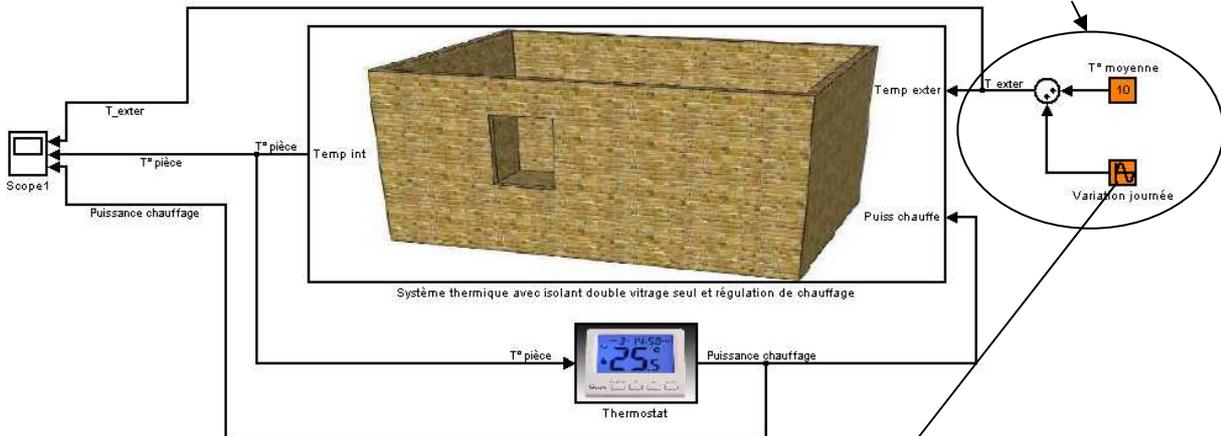
**Travail à faire : (par exemple !!!)**

On peut ajouter une isolation extérieure avec possibilité de la sélectionner ou non comme pour l'isolation intérieure (2 isolations possible simultanément)

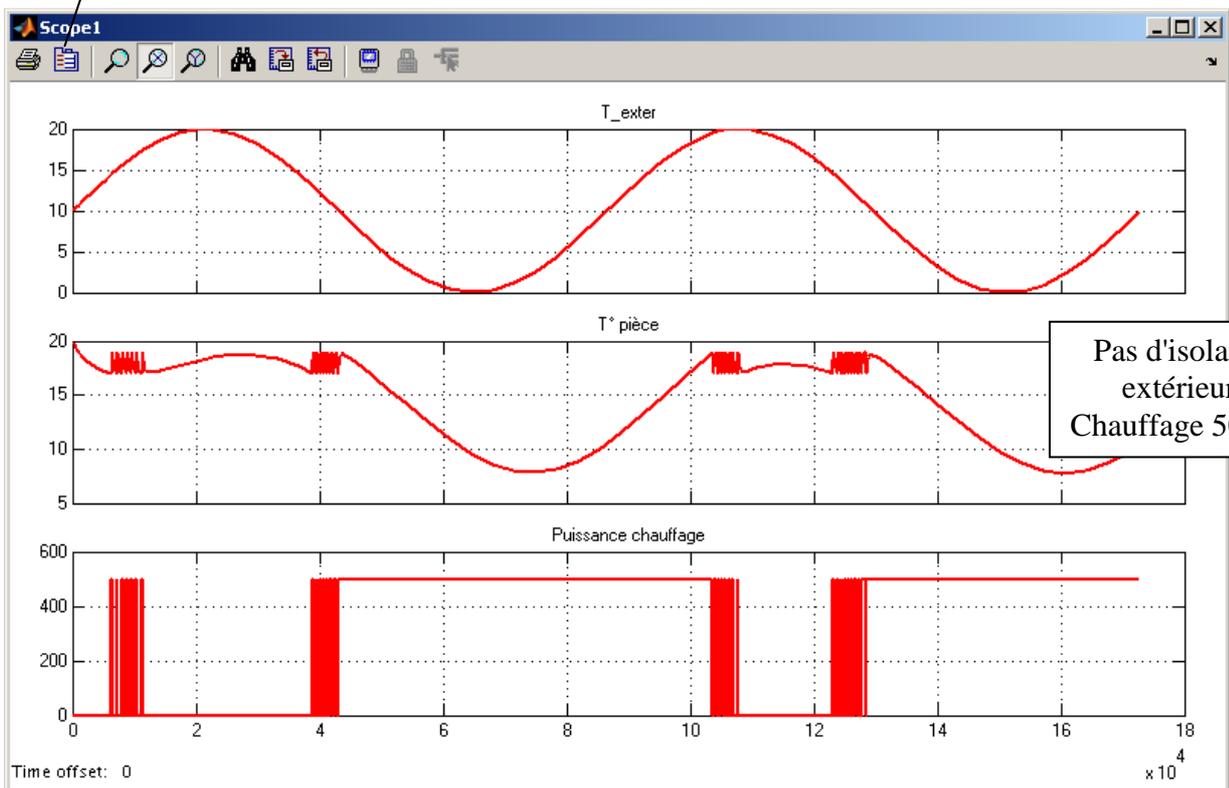
On peut aussi faire une modification pour sélectionner ou non l'isolation au plafond

**Avec variation de la T° sur la journée :**

On superpose une sinusoïde à une valeur fixe : approximation de l'évolution de la T° sur la journée



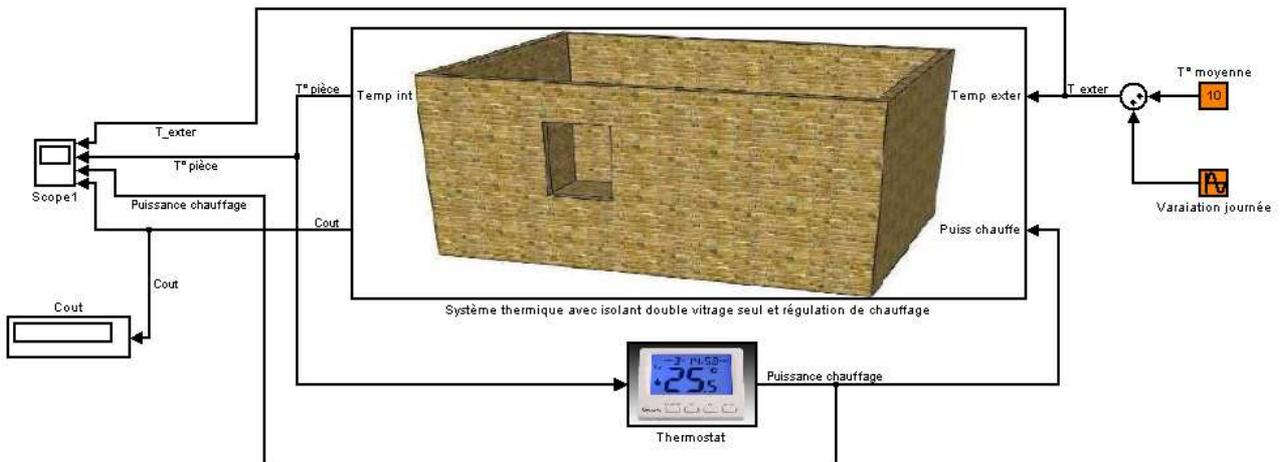
**Résultats de simulation (48 heures) :**



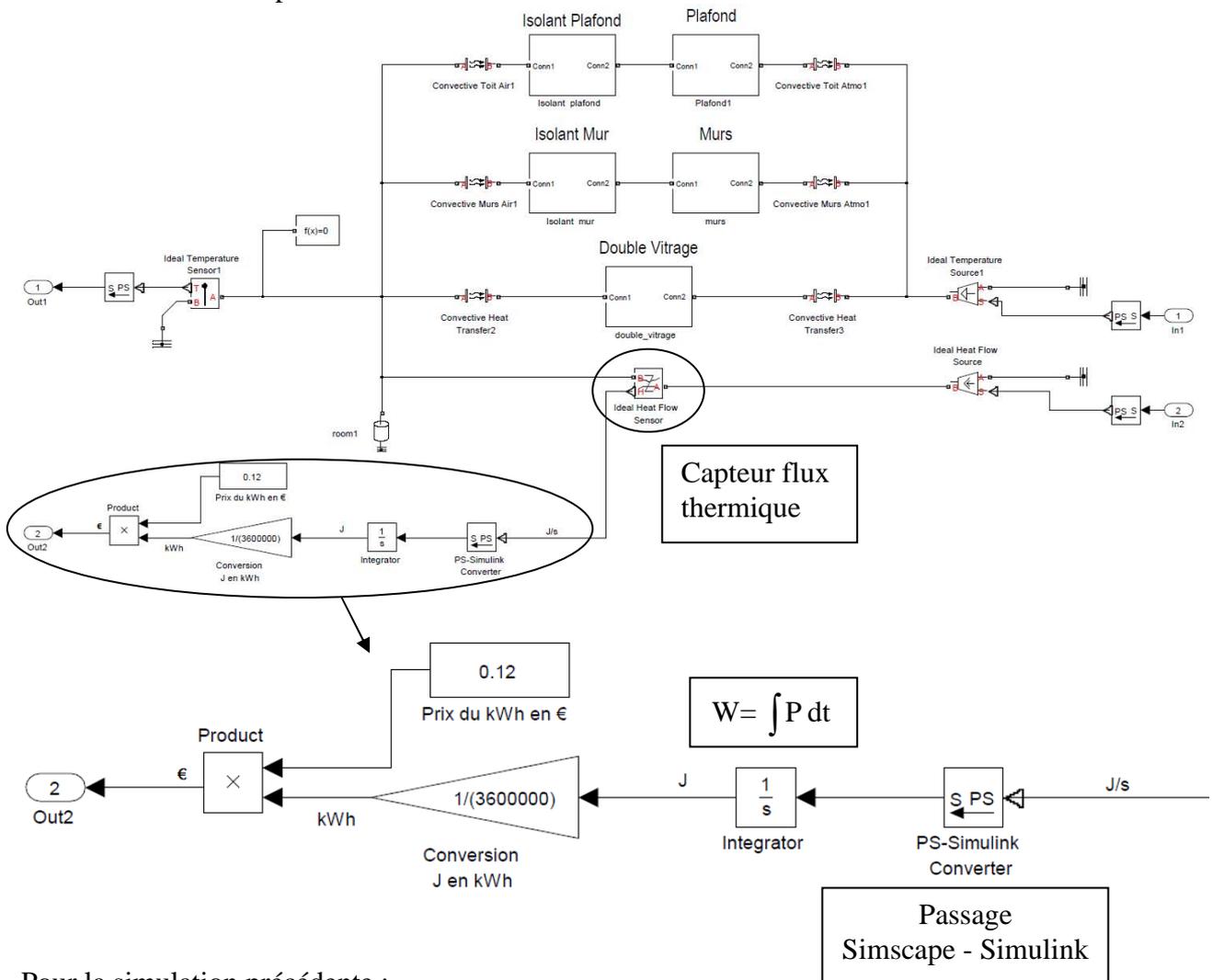
A une T° < 10°C exter, décrochage de la régulation (chauffage insuffisant)

A une T° de +20°C exter, arrêt de la régulation (apport de chaleur extérieure suffisant)

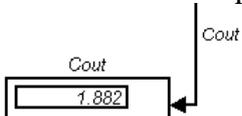
## Calcul du coût de chauffage :



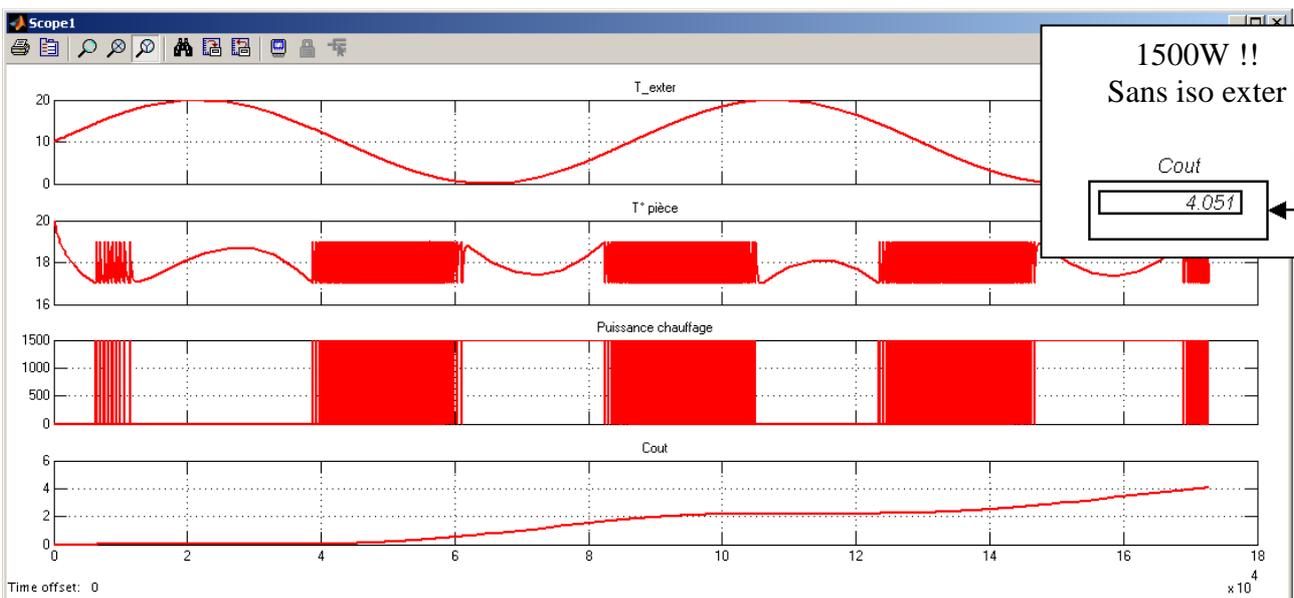
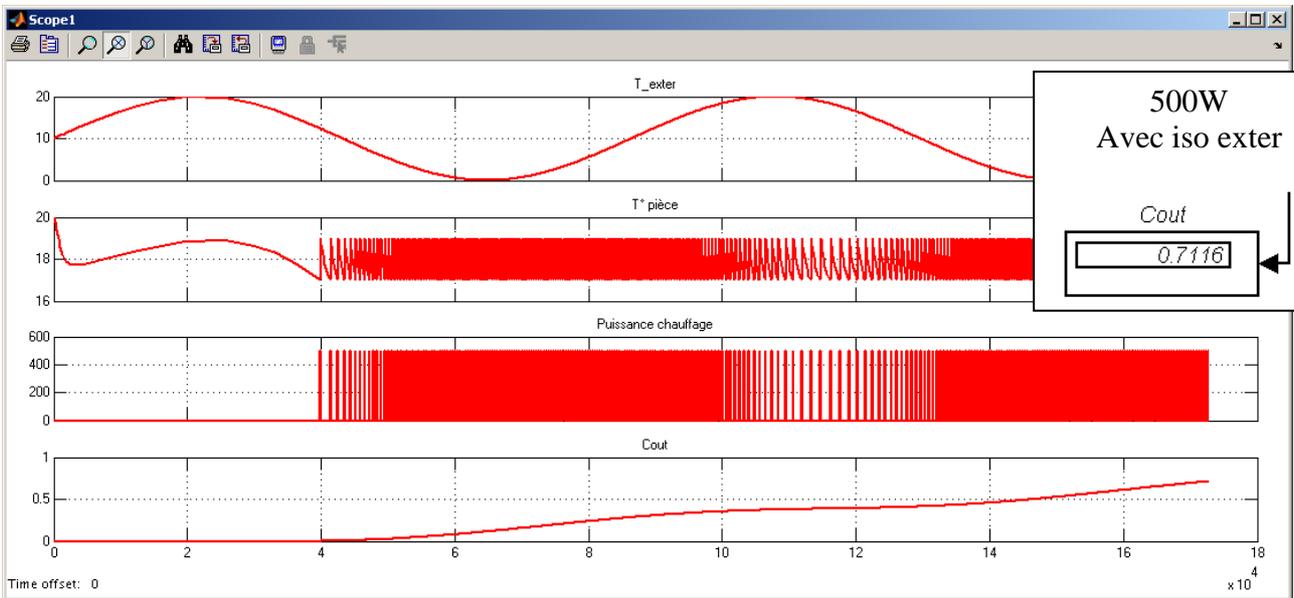
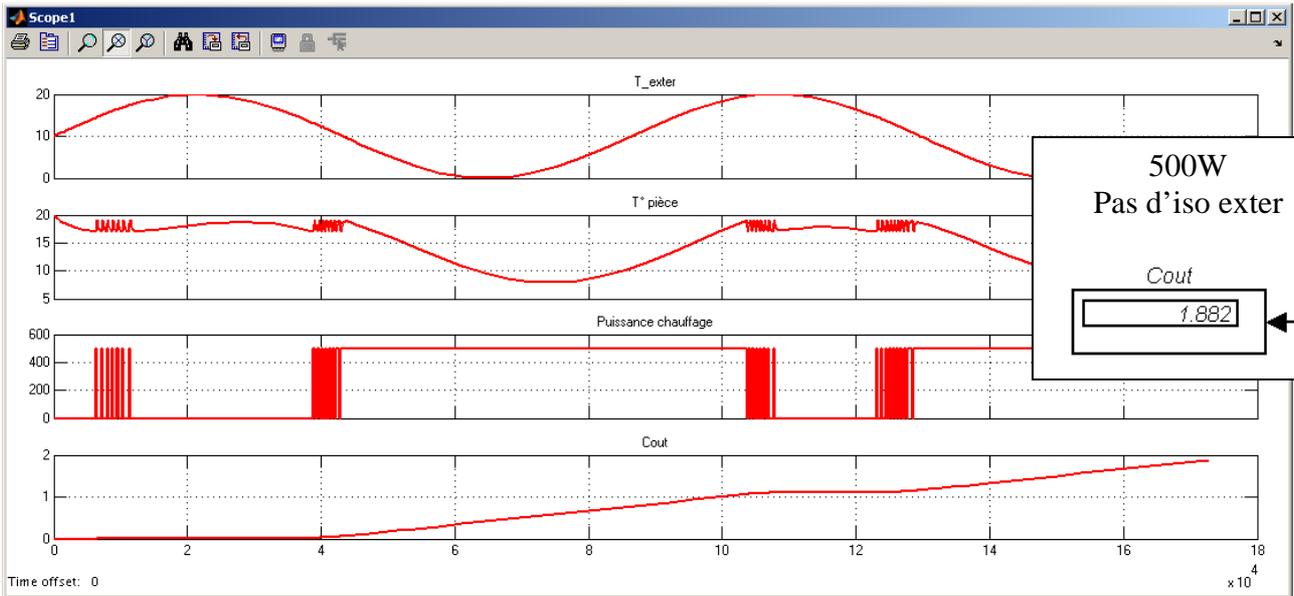
## Schéma interne : BD puis "Look Under Mask"



Pour la simulation précédente :



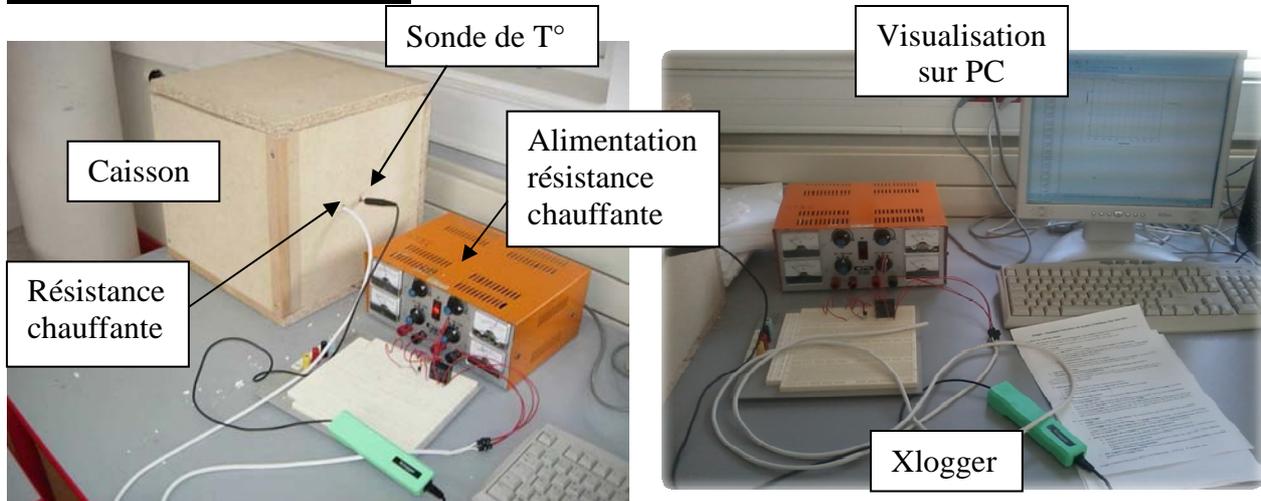
1,882 € pour 48H



### 4.3.6 Exemple 6 : application sur un caisson dans le cadre d'un PPE en TermS

Quelle est l'évolution de la  $T^\circ$  à l'intérieur d'un caisson à partir d'une  $T^\circ$  initiale (intérieure et extérieure) de  $20^\circ\text{C}$  avec un chauffage de 15W suivant différents isolants (mur et/ou plafond) ?

L'installation est la suivante :



On peut au choix, mettre de l'isolant (polystyrène ou laine de roche) sur les parois et/ou au plafond. Il faut maintenant tenir compte de l'échange thermique par le fond du caisson.

La modélisation est la suivante :

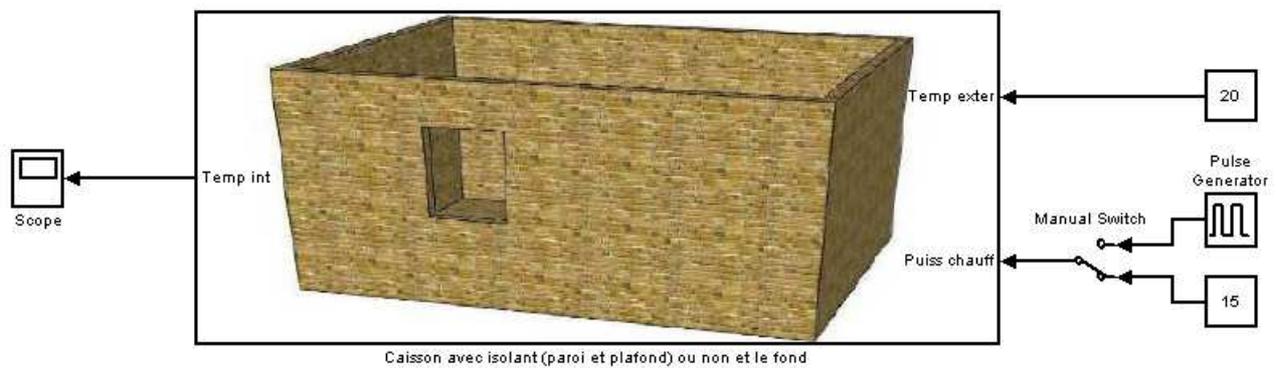
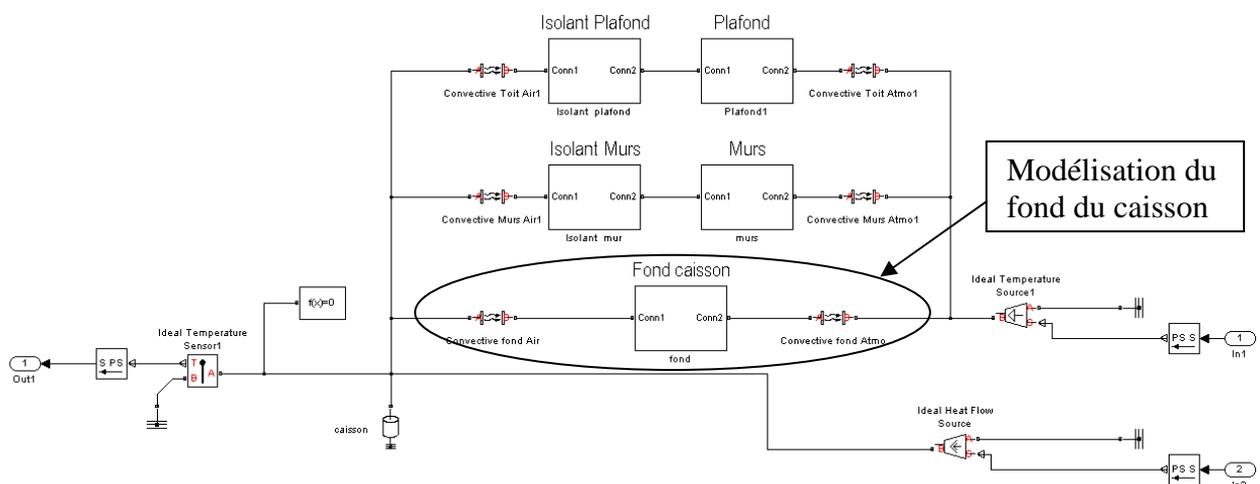
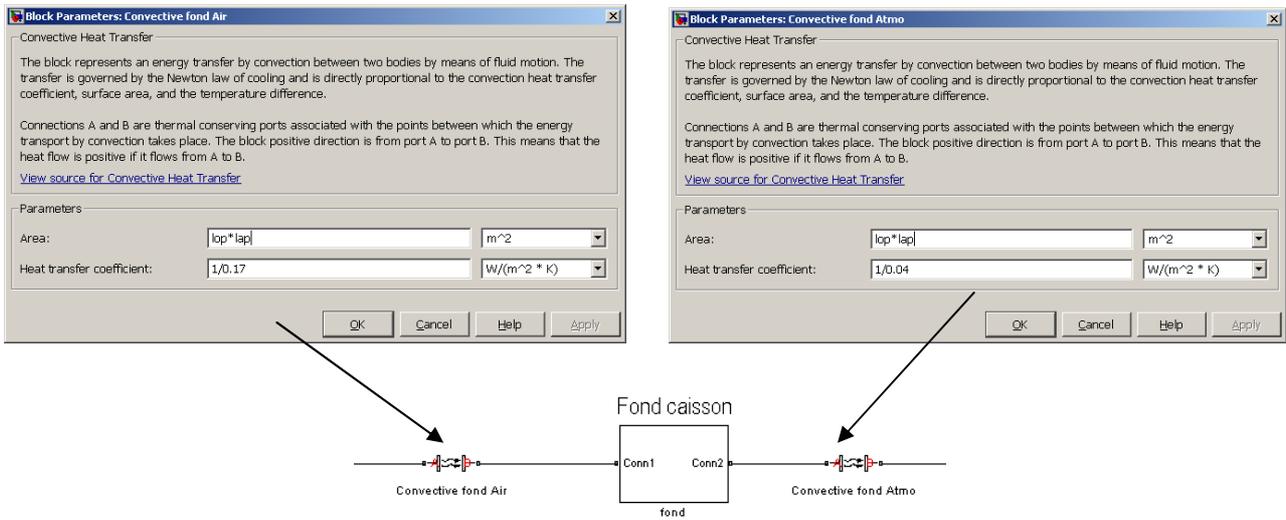


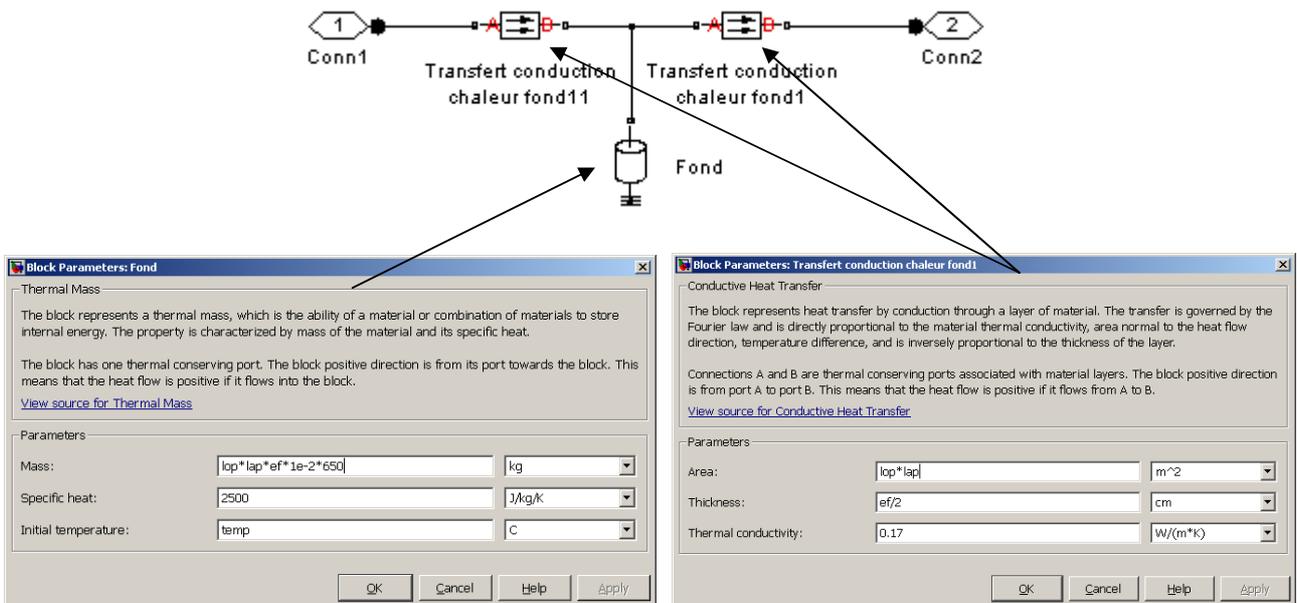
Schéma interne : BD puis "Look Under Mask"



## Le sous système "fond caisson" et le contenu des blocs :



## Le contenu du sous système fond de caisson :



Le caisson est en bois, valeurs prises sur le site :

<http://www.construction-conseil.fr/materiaux-maison/tableau-comparatif-des-isolants>

| MATERIAUX         | MASSE VOLUMIQUE   | CONDOC THERMIQUE $\Delta$ | EPAISSEUR PRISE EN COMPTE | RESISTANCE THERMIQUE $R$ | CHALEUR SPECIFIQUE $c_p$ | CAPACITE THERMIQUE $C$ | RESISTANCE AL VAPEUR D'EAU $\mu$ | ENERGIE GRISE      | PRIX MOYEN |
|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|
| UNITES EMPLOYES   | kg/m <sup>3</sup> | W/m.K*                    | m                         | m <sup>2</sup> K/W       | J/Kg.K*                  | Wh/m <sup>3</sup> K*   | SANS                             | kWh/m <sup>3</sup> | €          |
| BOIS (EN MOYENNE) | 500 à 800         | 0,17                      |                           |                          | 2500                     | 556<br>0,118 275       | 35                               | 300 à 600          |            |

L'onglet pièce permet d'entrer les caractéristiques du caisson :

Function Block Parameters: Caisson avec isolant (paroi et plafond)...

Exemple thermique (mask)  
Quelle est l'évolution de la T° à l'intérieur du caisson à partir d'une T° initiale (intérieure et extérieure) de 20°C avec un chauffage de 15W suivant différents isolants (mur et/ou plafond) ?

pièce | temperature | isolation

Longueur intérieur caisson ? (m)  
0.335

Largeur intérieur caisson ? (m)  
0.335

Hauteur intérieur caisson ? (m)  
0.337

Epaisseur murs ? (cm)  
1.8

Epaisseur plafond ? (cm)  
1.8

Epaisseur fond ? (cm)  
1.8

OK Cancel Help Apply

Pour le détail,  
cf pages  
précédentes

On peut ou non sélectionner une isolation et son type :

Function Block Parameters: Caisson avec isolant (paroi et plafond)...

Exemple thermique (mask)  
Quelle est l'évolution de la T° à l'intérieur du caisson à partir d'une T° initiale (intérieure et extérieure) de 20°C avec un chauffage de 18W suivant différents isolants (mur et/ou plafond) ?

pièce | temperature | isolation

Isolation des murs ?  
Type isolant murs ? Polystyrene TH38  
Epaisseur isolant murs (cm) ?  
2

Isolation du plafond ?  
Type isolant Plafond ? Polystyrene TH38  
Epaisseur isolant Plafond (cm) ?  
2

OK Cancel Help Apply

Function Block Parameters: Caisson avec isolant (paroi et plafond)...

Exemple thermique (mask)  
Quelle est l'évolution de la T° à l'intérieur du caisson à partir d'une T° initiale (intérieure et extérieure) de 20°C avec un chauffage de 18W suivant différents isolants (mur et/ou plafond) ?

pièce | temperature | isolation

Isolation des murs ?  
 Isolation du plafond ?

OK Cancel Help Apply

## La syntaxe pour la sélection d'une isolation on non (mur, plafond) et de son affichage :

Mask Editor : Caisson avec isolant (paroi et plafond) ou non et le fond

| #  | Prompt                           | Variable     | Type     | Evalue                              | Tunable                             | Tab name    |
|----|----------------------------------|--------------|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 4  | Epaisseur murs ? (cm)            | em           | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 5  | Epaisseur plafond ? (cm)         | ep           | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 6  | Epaisseur fond ? (cm)            | ef           | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 7  | Température initiale (°C)        | temp         | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | température |
| 8  | Isolation des murs ?             | chisomur     | checkbox | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 9  | Type isolant murs ?              | isomur       | popup    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 10 | Epaisseur isolant murs (cm) ?    | eim          | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 11 | Isolation du plafond ?           | chisoplafond | checkbox | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 12 | Type isolant Plafond ?           | isoplafond   | popup    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 13 | Epaisseur isolant Plafond (cm) ? | eip          | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |

Generic options: In dialog:  Enable parameter,  Show parameter

```
Dialog callback:
if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'on')) &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'on'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','on','on','on','on','on'});
eim=get_param(gcb,'eim');
eip=get_param(gcb,'eip');
end

if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'on')) &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'off'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','on','on','off','off'});
eim=get_param(gcb,'eim');
set_param(gcb,'eip','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
end

if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'off') &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'on'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','off','off','on','on'});
set_param(gcb,'eim','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
eip=get_param(gcb,'eip');
end

if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'off') &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'off'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','off','off','on','off'});
set_param(gcb,'eim','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
set_param(gcb,'eip','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
end
```

Pour le détail,  
cf pages  
précédentes

Mask Editor : Caisson avec isolant (paroi et plafond) ou non et le fond

| #  | Prompt                           | Variable     | Type     | Evalue                              | Tunable                             | Tab name    |
|----|----------------------------------|--------------|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 4  | Epaisseur murs ? (cm)            | em           | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 5  | Epaisseur plafond ? (cm)         | ep           | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 6  | Epaisseur fond ? (cm)            | ef           | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | pièce       |
| 7  | Température initiale (°C)        | temp         | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | température |
| 8  | Isolation des murs ?             | chisomur     | checkbox | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 9  | Type isolant murs ?              | isomur       | popup    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 10 | Epaisseur isolant murs (cm) ?    | eim          | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 11 | Isolation du plafond ?           | chisoplafond | checkbox | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 12 | Type isolant Plafond ?           | isoplafond   | popup    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |
| 13 | Epaisseur isolant Plafond (cm) ? | eip          | edit     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | isolation   |

Generic options: In dialog:  Enable parameter,  Show parameter

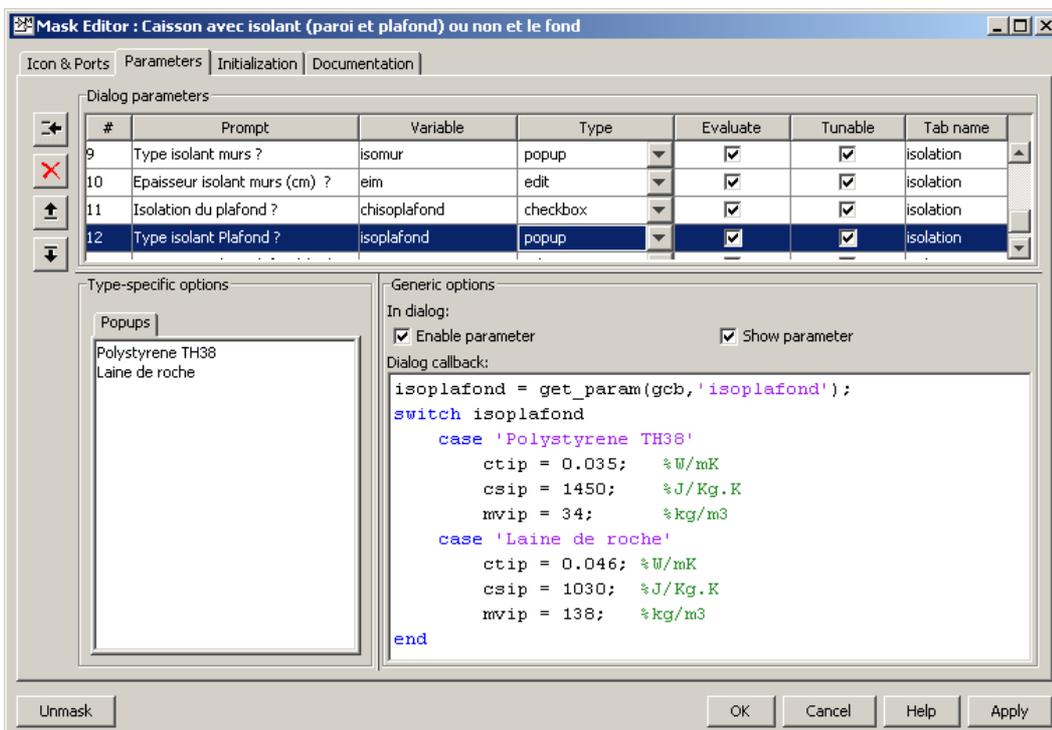
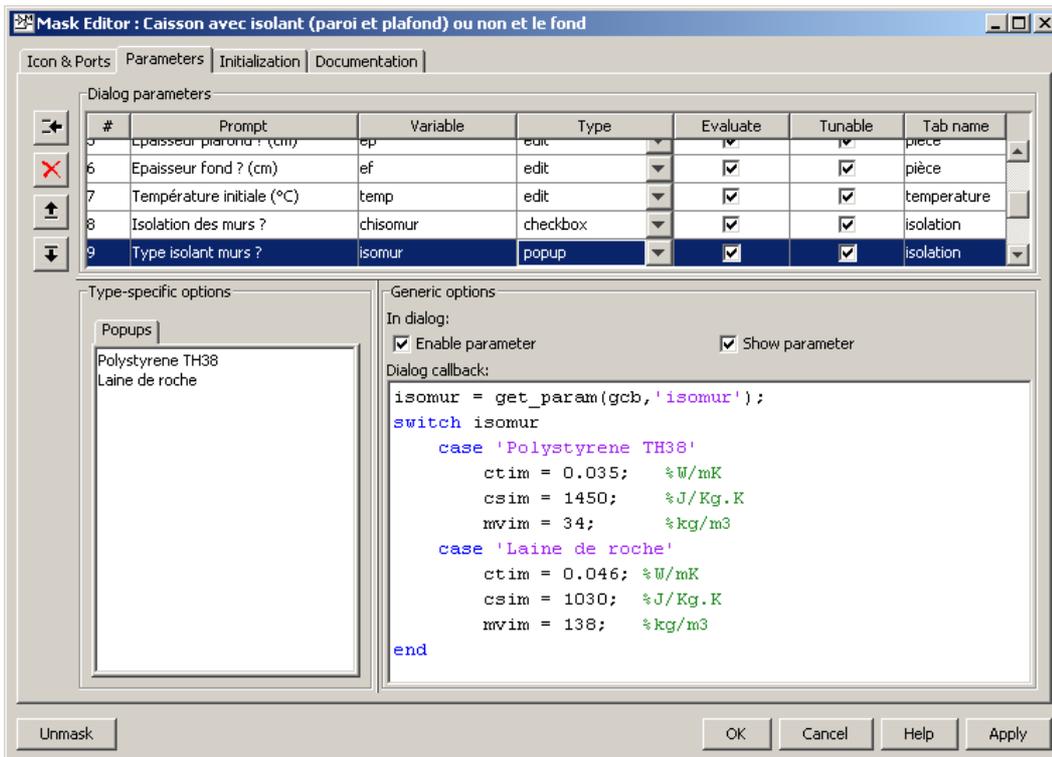
```
Dialog callback:
if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'on')) &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'on'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','on','on','on','on','on'});
eim=get_param(gcb,'eim');
eip=get_param(gcb,'eip');
end

if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'on')) &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'off'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','on','on','off','off'});
eim=get_param(gcb,'eim');
set_param(gcb,'eip','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
end

if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'off') &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'on'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','off','off','on','on'});
set_param(gcb,'eim','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
eip=get_param(gcb,'eip');
end

if (strcmp(get_param(gcb,'chisomur'),'off') &&(strcmp(get_param(gcb,'chisoplafond'),'off'))&=&1
set_param(gcb,'MaskVisibilities',{'on','on','on','on','on','on','on','off','off','on','off'});
set_param(gcb,'eim','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
set_param(gcb,'eip','0.1');%0.1cm = 1mm car unité en cm par défaut
end
```

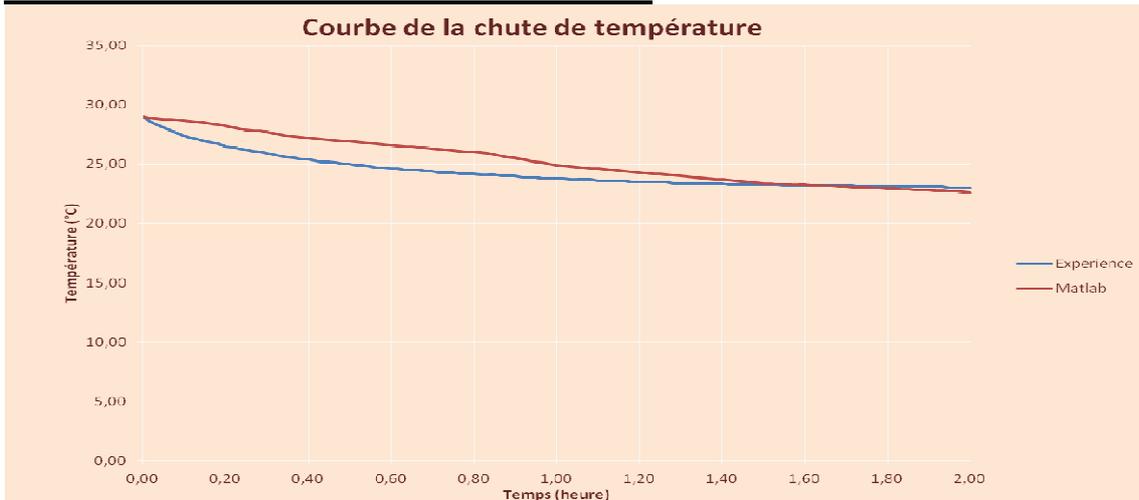
Les valeurs propres à chaque isolant suivant l'isolant choisi (masse volumique, chaleur spécifique et conductivité thermique) :



Valeurs prises sur le site (fichier dans le répertoire isolant) :

<http://www.construction-conseil.fr/materiaux-maison/tableau-comparatif-des-isolants>

**Les résultats de simulation des élèves donnent :**



**Les écarts peuvent être justifiés par :**

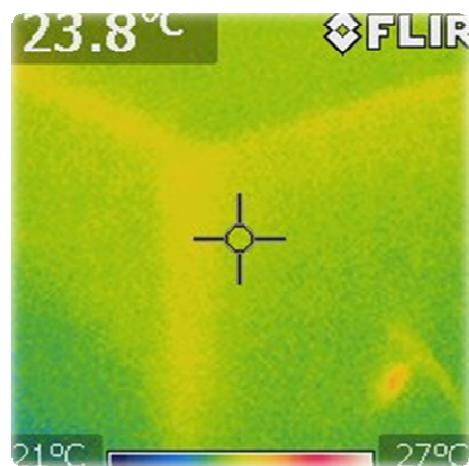
La modélisation de la sonde, en fait la sonde chauffe sur une longueur de 20cm. La sonde est disposée en serpentín dans le fond du caisson



La découpe (par les élèves) du polystyrène



Les déperditions visibles à la caméra thermique



La T° de la salle différente de 20°C et notamment si le caisson se trouve à proximité d'une vitre et qu'il fait soleil ce jour là..

### 4.3.7 Exemple 7 : modélisation d'une maison complète (site pairformance)

|   |  |
|---|--|
| <p>Modélisation d'une maison dont les formes sont les suivantes puis chauffer cette maison (<math>T^\circ</math> initiale de <math>0^\circ\text{C}</math>) avec une puissance de 5000 W avec une température extérieure de <math>-20^\circ\text{C}</math></p> |  |
|---|--|

**Composition des parois**

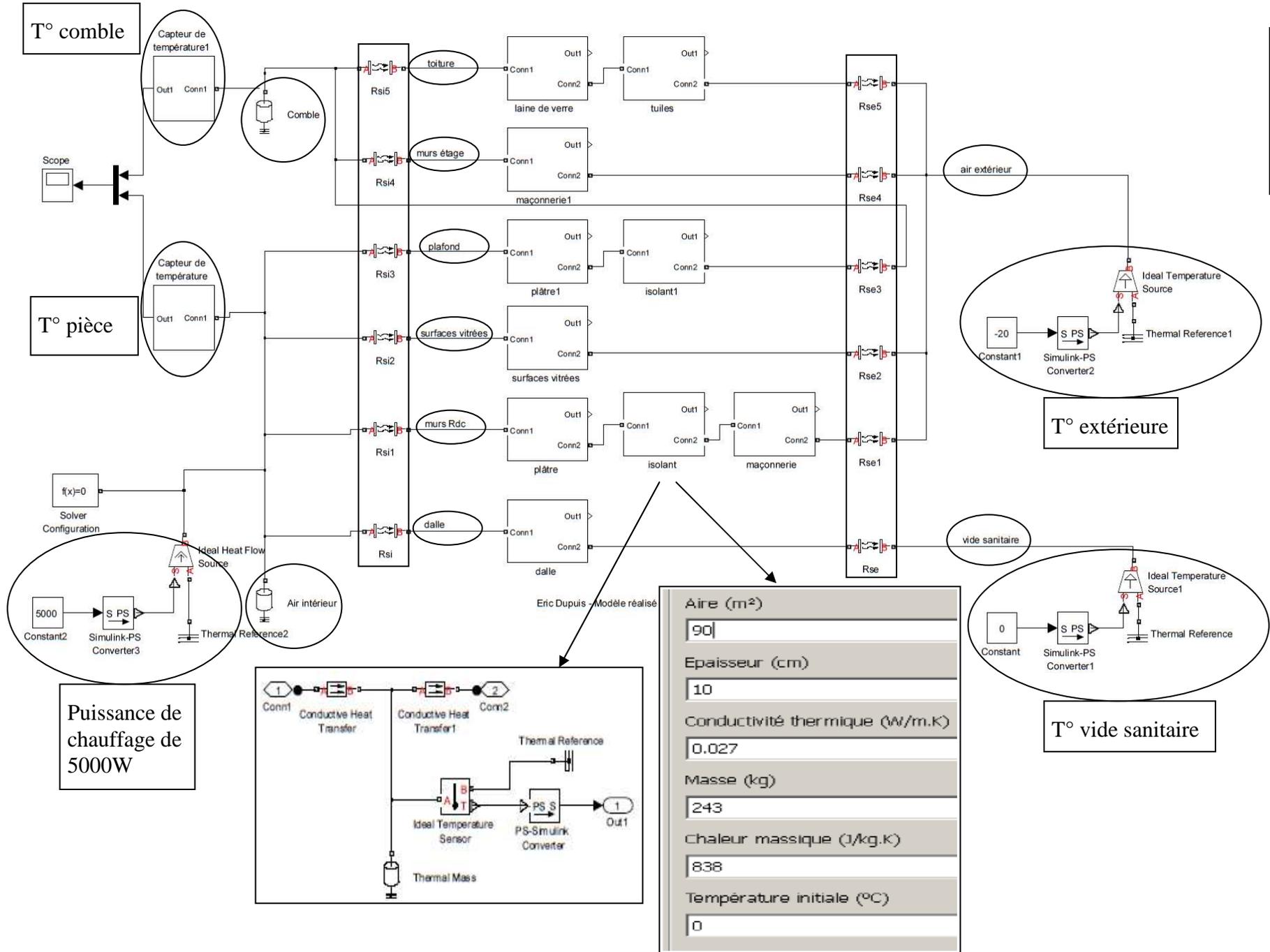
| Elément                      | Composition            | Epaisseur | Conductivité thermique réelle ou équivalente en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ | Résistance thermique réelle ou équivalente en $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$ | Capacité thermique massique en $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ | Masse au $\text{m}^2$ en $\text{Kg.m}^{-2}$ | Aire en $\text{m}^2$ | Masse totale en kg |
|------------------------------|------------------------|-----------|---|--|---|---|----------------------|--------------------|
| Murs extérieurs RdC          | Maçonnerie (parpaings) | 20 cm     | 0.869   | 0.23   | 648   | 202   | 90                   | 18 180             |
|                              | Isolant                | 10 cm     | 0.027   | 3.70   | 838   | 3.5   | 90                   | 243                |
|                              | plâtre                 | 1.3 cm    | 0.350   | 0.03   | 830   | 13  | 90                   | 1 170              |
| Surfaces vitrées             | 4-16-4                 | 2.4 cm    | 0.048   | 0.5  | 830   | 20  | 30                   | 600                |
| Dalle                        | Béton armé             | 20 cm     | 1.75  | 0.057  | 880   | 240   | 96                   | 23 040             |
| Plafond                      | plâtre                 | 1.3 cm    | 0.350   | 0.03   | 830   | 13  | 96                   | 1 248              |
|                              | Laine de verre         | 10 cm     | 0.037   | 2.7  | 670   | 5.5   | 96                   | 528                |
|                              | Classe VE              |           |   |  |   |   |                      |                    |
| Murs étage (têtes de pignon) | Maçonnerie (parpaings) | 20 cm     | 0.869   | 0.23   | 648   | 202   | 20                   | 4 040              |
| Toiture                      | Laine de verre         | 20 cm     | 0.037   | 5.4  | 670   | 11  | 113                  | 1 243              |
|                              | Classe VE              |           |   |  |   |   |                      |                    |
|                              | Tuiles béton           | 5 cm      | 1.75  | 0.028  | 880   | 120   | 113                  | 13 560             |

**Table des volumes**

| Elément        | Masse Volumique de l'air en $\text{kg.m}^{-3}$ (estimation) | Volume en $\text{m}^3$ | Masse en kg | Capacité thermique massique en $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ |
|----------------|---|------------------------|-------------|---|
| Volume RdC     | 1.2   | 240                    | 288         | 710   |
| Volume Combles | 1.2   | 120                    | 144         | 710   |

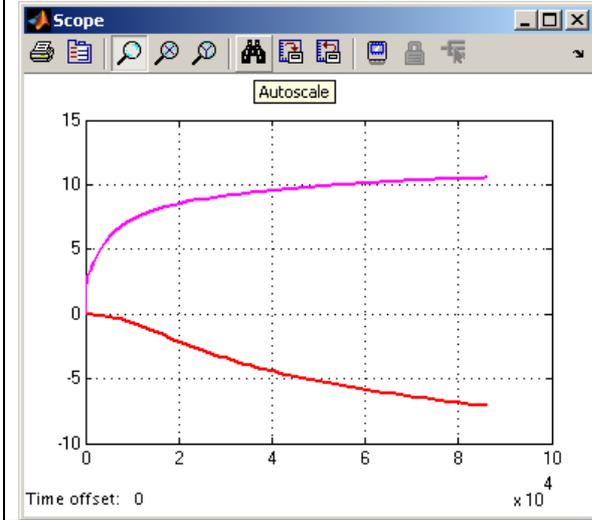
**Valeur des résistances superficielles (Source : « Guide du constructeur en bâtiment »)**

| Elément           | Rsi (en $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$ ) | Rse (en $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$ ) |
|-------------------|--|--|
| Dalle             | 0.17                                   | 0.17                                   |
| Murs RdC et Etage | 0.13                                   | 0.04                                   |
| Plafond           | 0.10                                   | 0.10                                   |
| Toiture           | 0.10                                   | 0.04                                   |

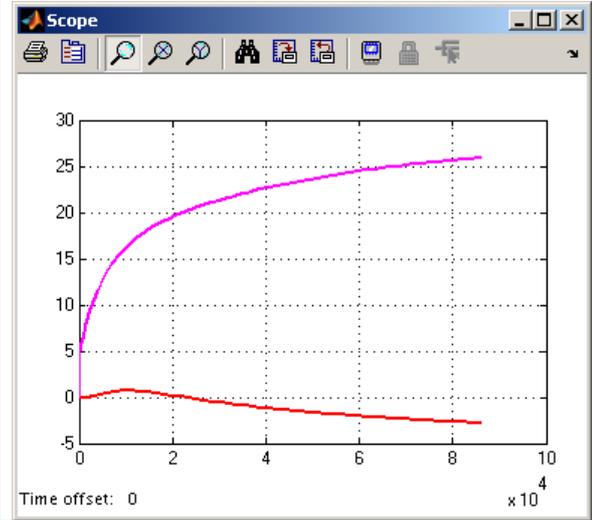


**Les résultats de simulation :**

Avec une puissance de 5000W  
Simulation de 24H (24\*3600s)  
En violet T° intérieure  
En rouge T° dans les combles

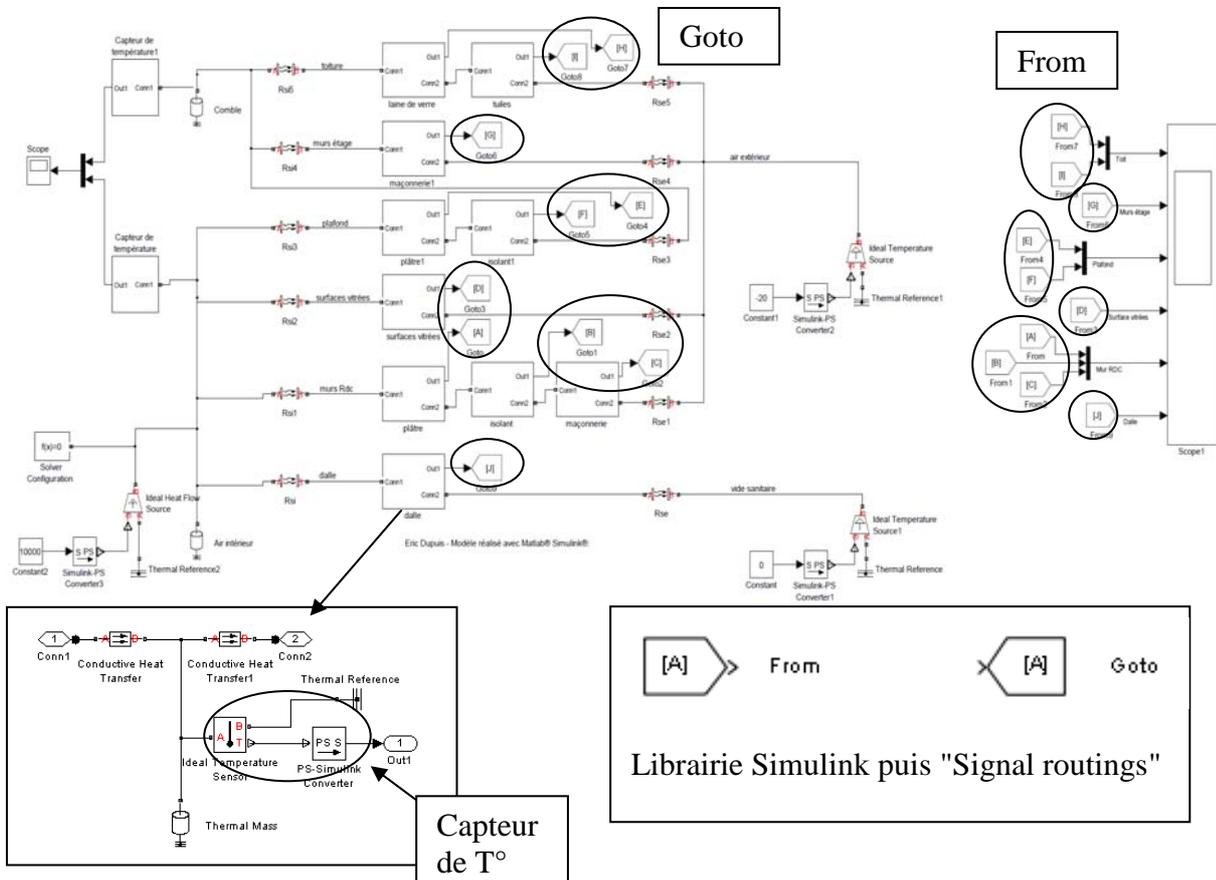


Avec une puissance de 10 000W  
Simulation de 24H (24\*3600s)  
En violet T° intérieure  
En rouge T° dans les combles



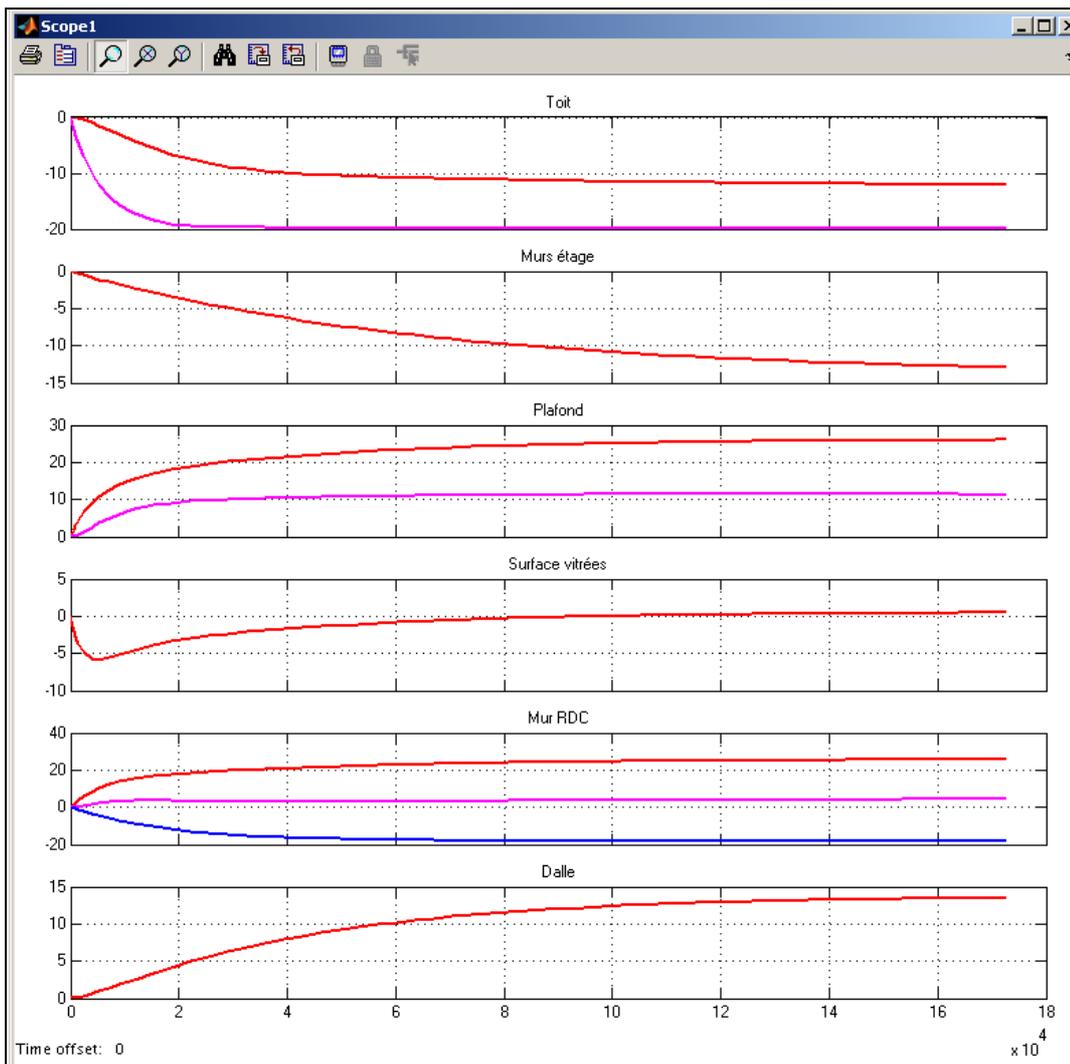
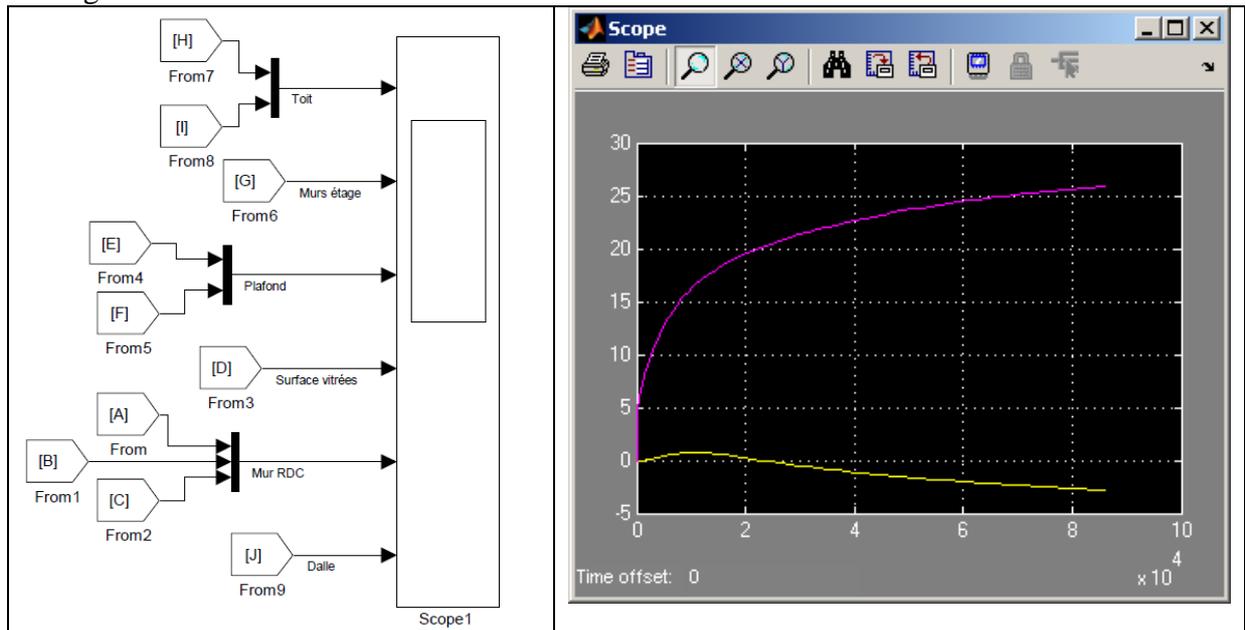
C'est mieux avec 10 000W !!!

Toujours avec ces 10 000W, on peut exploiter les sorties des différents sous systèmes et les relier à un scope afin de **visualiser l'évolution de la T° au cœur des matériaux :**



## Les résultats de simulation :

Chauffage de 10 000W



-20°C au cœur des tuiles  
-11°C dans l'isolant

-13°C dans les pignons

+25°C dans le plafond  
+11°C dans l'isolant du plafond

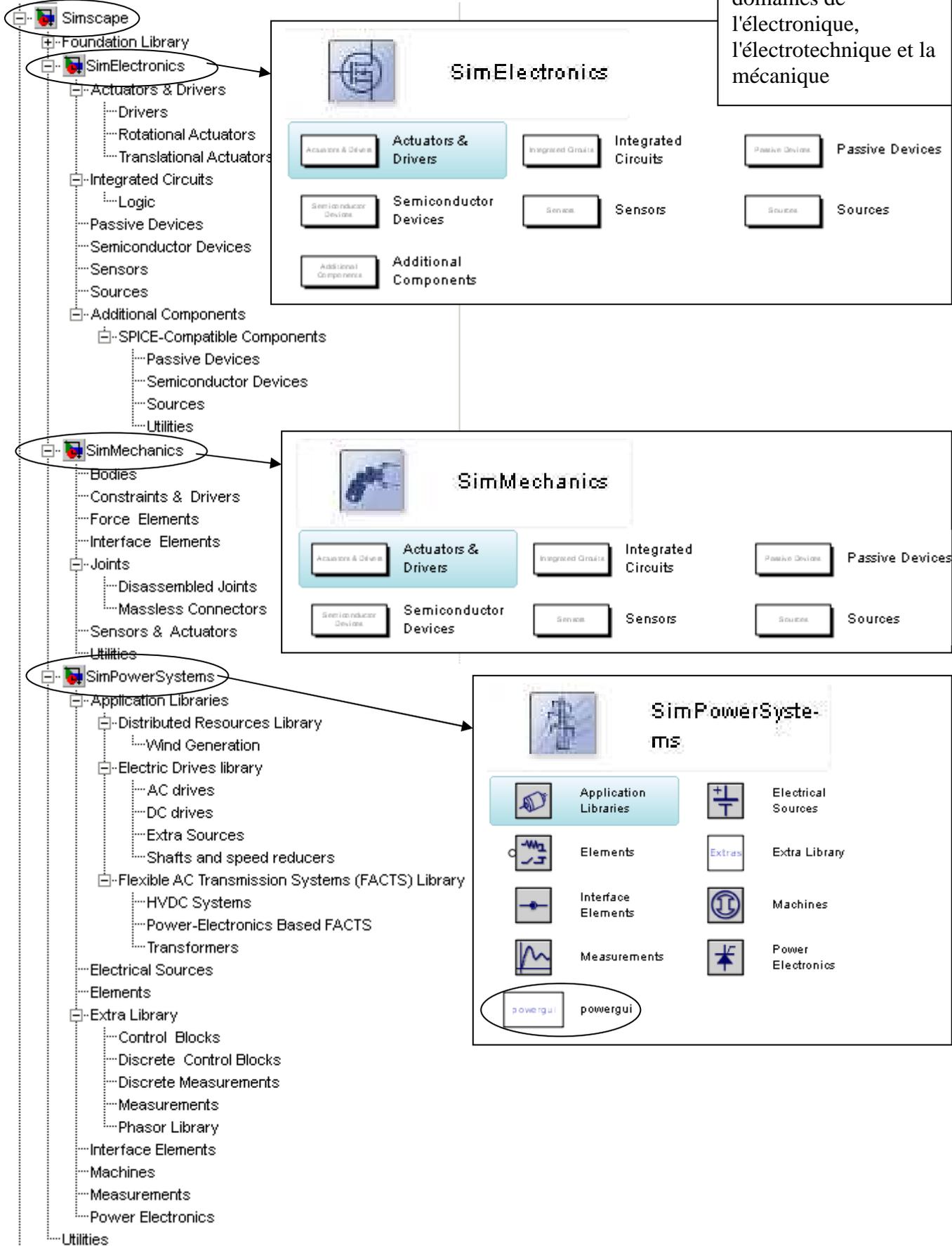
0°C dans les vitres

+22°C dans le plâtre  
+2°C dans l'isolant  
-20°C maçonnerie exter

14° dans la dalle

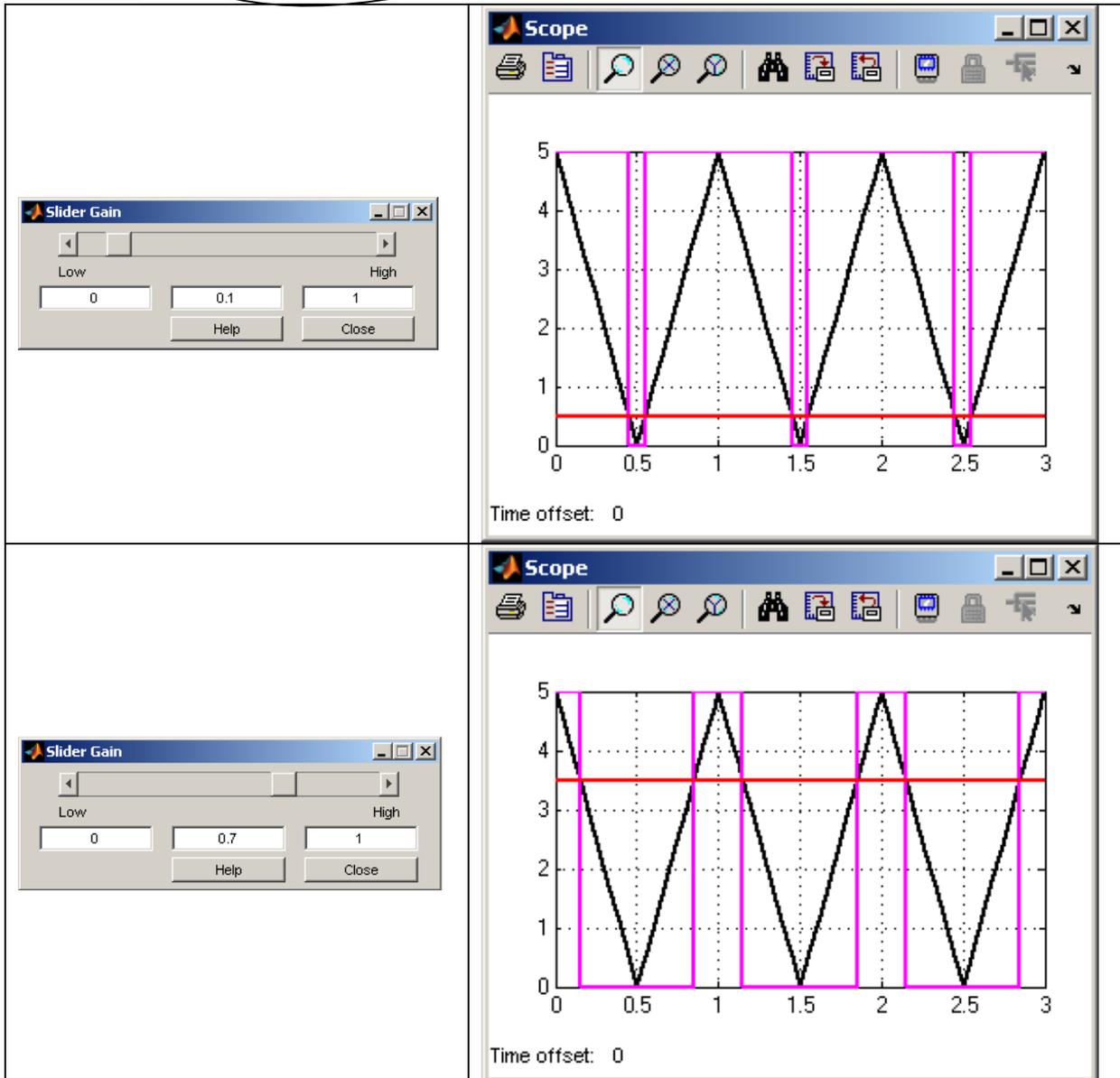
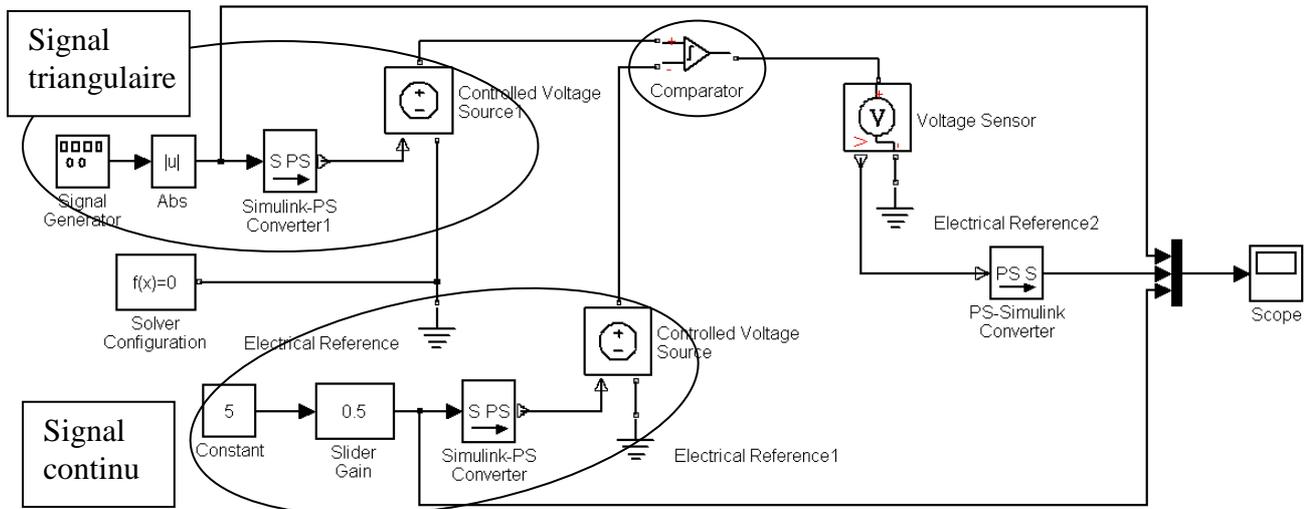
# 4.4 SimElectronics, SimMechanics, SimPowerSystems

On va retrouver des éléments propres aux domaines de l'électronique, l'électrotechnique et la mécanique

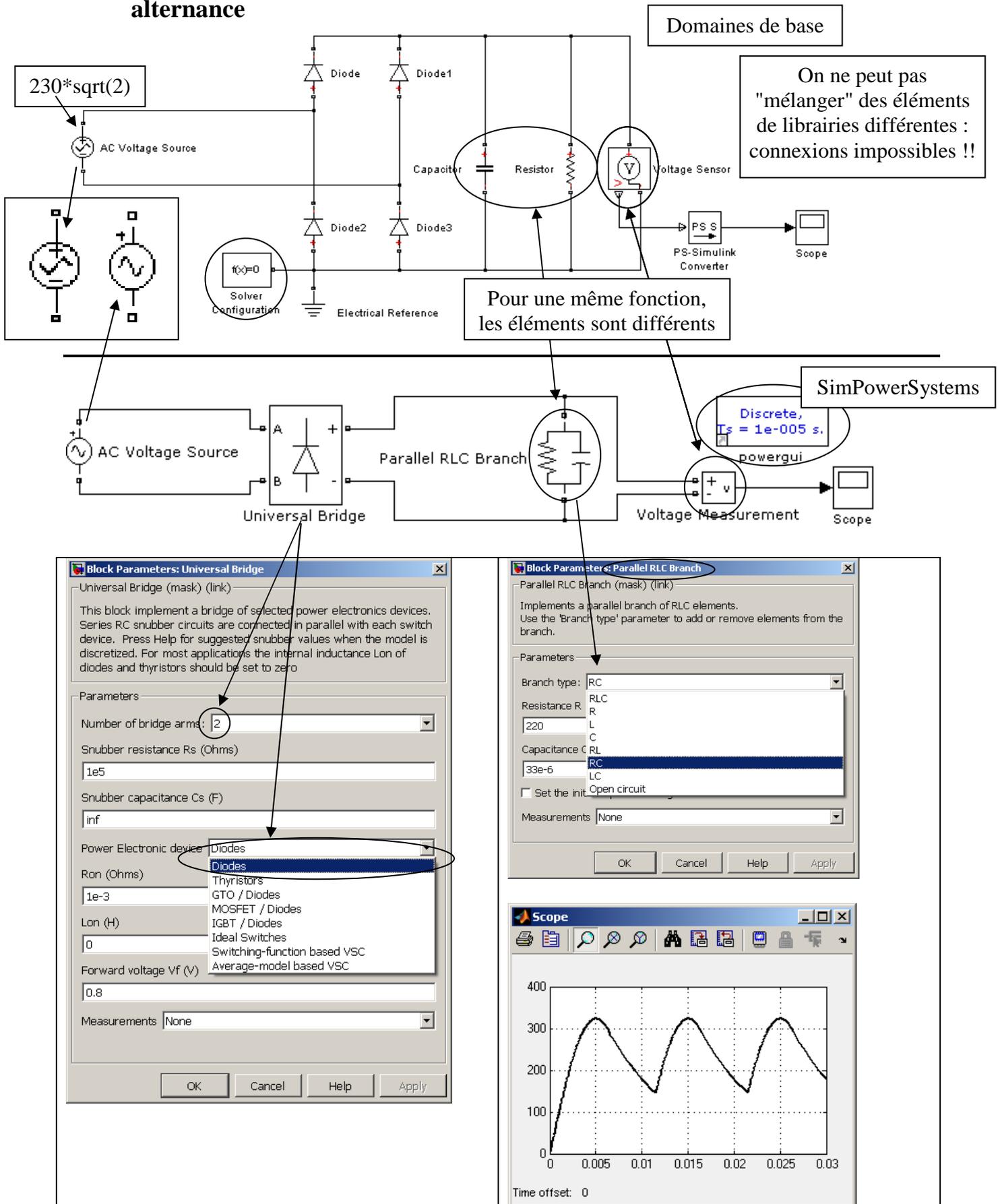


### 4.4.1 Exemple 1 : SimElectronics : MLI en dynamique

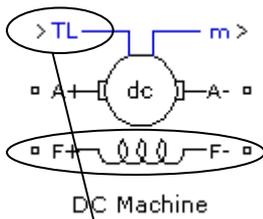
Comparaison d'un signal triangulaire avec un signal continu



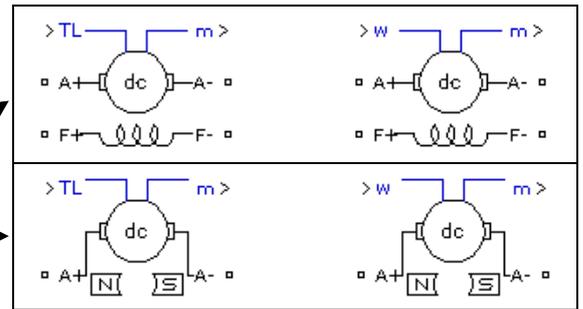
## 4.4.2 Exemple 2 : Domaines de base/SimPowerSystems : redressement double alternance



### 4.4.3 SimPowerSystems : MCC (présentation)



MCC  
à excitation séparée  
ou  
à aimant permanent



**Block Parameters: DC Machine1**

DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Preset model: No

Mechanical input: Torque TL

Field type: Torque TL, Speed w

**Block Parameters: DC Machine**

DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Preset model: No

Mechanical input: Torque TL

Field type: Wound, Permanent magnet

**Block Parameters: DC Machine**

DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Preset model: 01: 5HP 240V 1750RPM Field:300V, No

Mechanical input: 01: 5HP 240V 1750RPM Field:300V

Field type: 02: 5HP 240V 1750RPM Field:150V, 03: 5HP 500V 1750RPM Field:300V, 04: 10HP 240V 1750RPM Field:300V, 05: 10HP 500V 1750RPM Field:300V, 06: 20HP 240V 1750RPM Field:300V, 07: 20HP 500V 1750RPM Field:300V, 08: 30HP 240V 1750RPM Field:300V, 09: 30HP 500V 1750RPM Field:300V, 10: 40HP 240V 1750RPM Field:300V, 11: 40HP 500V 1750RPM Field:300V, 12: 50HP 240V 1750RPM Field:300V, 13: 50HP 500V 1750RPM Field:300V, 14: 75HP 500V 1750RPM Field:300V

**Block Parameters: DC Machine**

DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]

[2.581 0.028]

Specify: Torque constant (N.m/A)

Torque constant (N.m/A)

1.8

Total inertia J (kg.m<sup>2</sup>)

0.02215

Viscous friction coefficient Bm (N.m.s)

0.002953

Coulomb friction torque Tf (N.m)

0.5161

Initial speed (rad/s) :

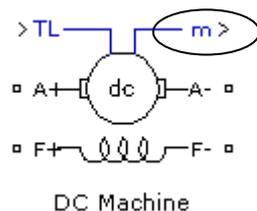
1

Choisir un modèle puis "No" les paramètres sont alors modifiables

Choix modèle MCC  
Excitation séparée

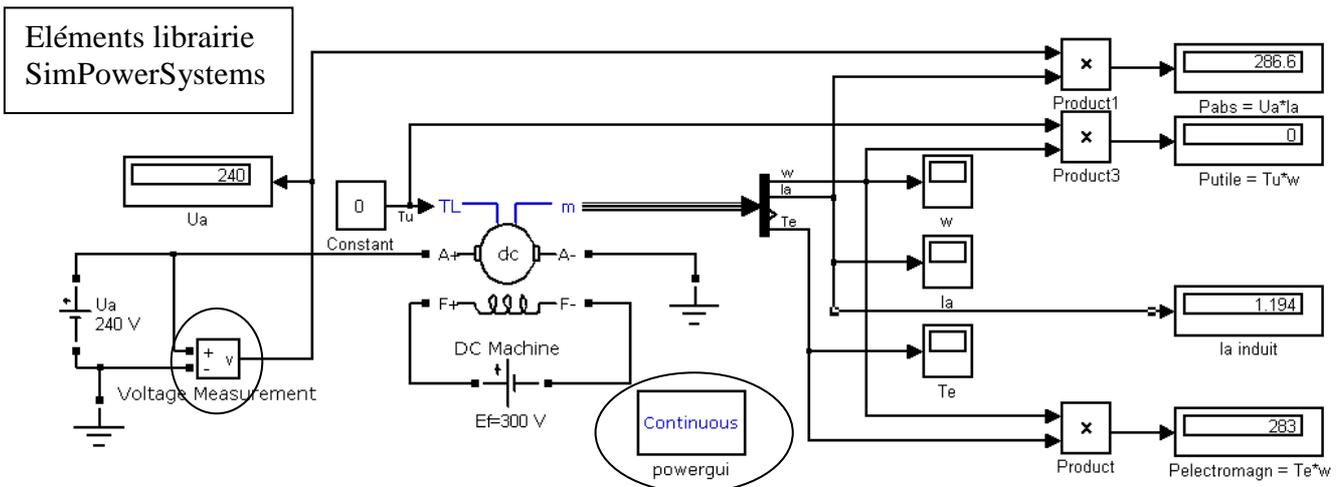
Valeurs à fonctionnement nominal !!!  
1HP = 736W

Quatre signaux de sortie sont directement visualisables à partir du point "m" (utilisation d'un démultiplexeur)



| Signal | Definition              | Units |
|--------|-------------------------|-------|
| 1      | Speed $\omega_m$        | rad/s |
| 2      | Armature current $i_a$  | A     |
| 3      | Field current $i_f$     | A     |
| 4      | Electrical torque $T_e$ | N.m   |

### 4.4.4 Exemple 3 : SimPowerSystems : MCC à excitation séparée à vide



**Block Parameters: DC Machine**

-DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Preset model: 01: SHP 240V 1750RPM Field:300V

**Block Parameters: DC Machine**

-DC machine (mask) (link)

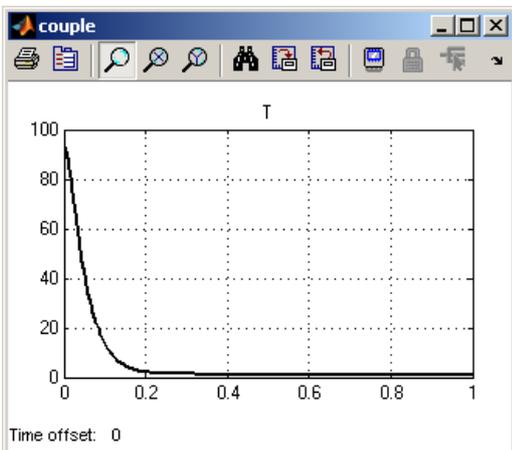
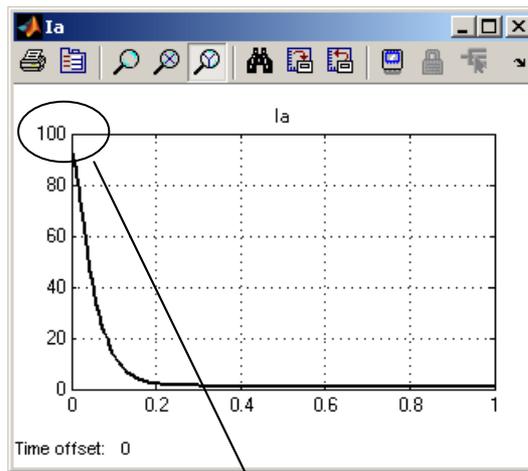
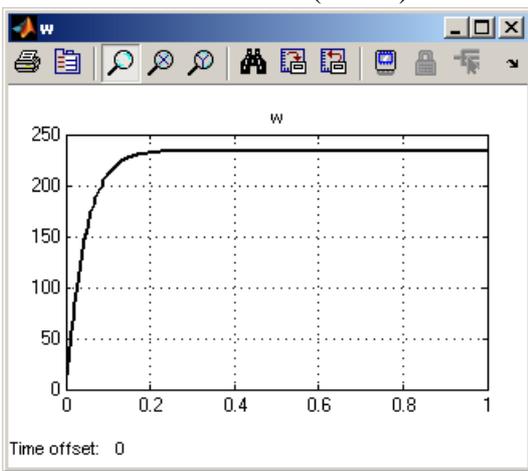
Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]

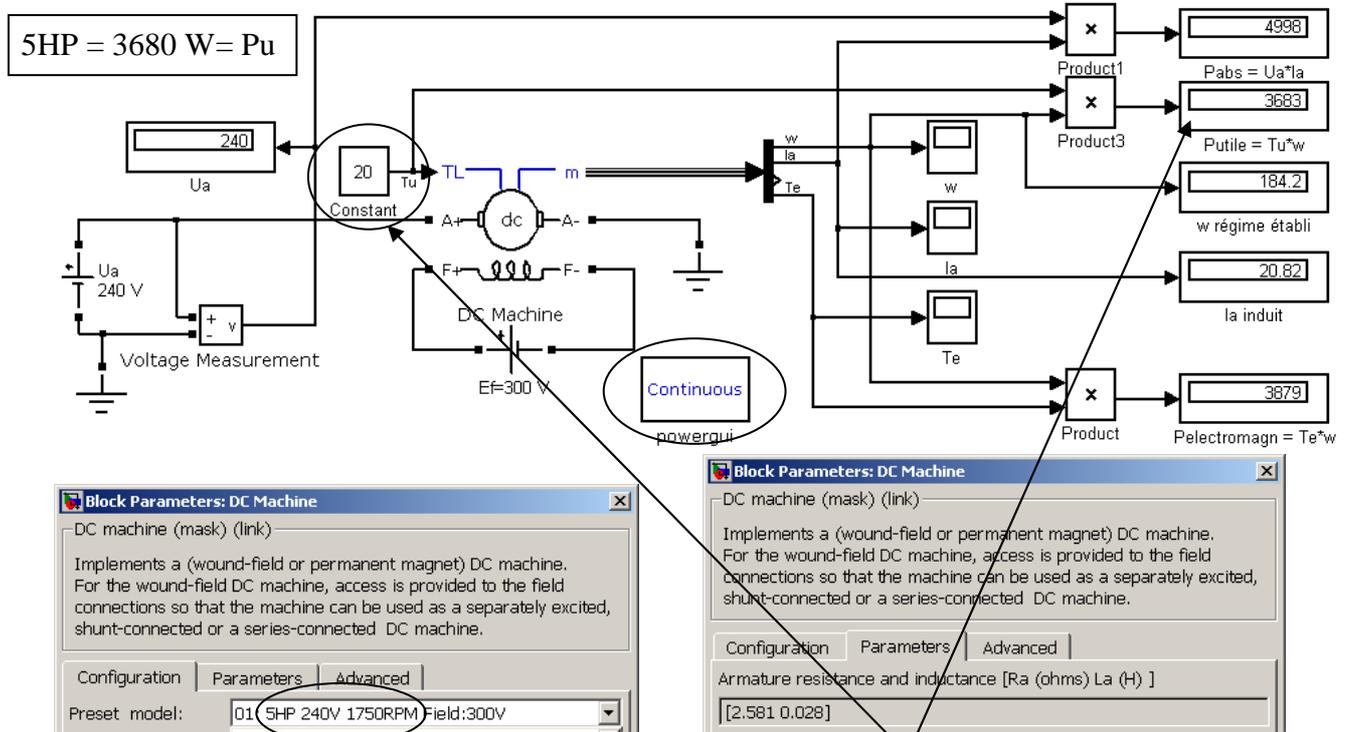
[2.581 0.028]

Résultats de simulation (à vide) :



Au démarrage :  
 $I = U/R = 240 / 2,581 = 92,9A$

### 4.4.5 Exemple 4 : SimPowerSystems : MCC à excitation séparée en charge



**Block Parameters: DC Machine**

DC machine (mask) (link)

Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Preset model: 01 5HP 240V 1750RPM Field:300V

**Block Parameters: DC Machine**

DC machine (mask) (link)

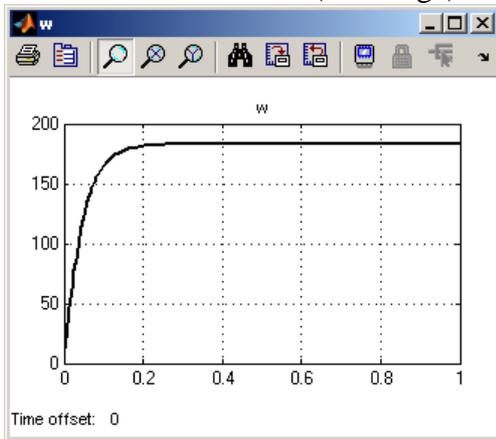
Implements a (wound-field or permanent magnet) DC machine. For the wound-field DC machine, access is provided to the field connections so that the machine can be used as a separately excited, shunt-connected or a series-connected DC machine.

Configuration Parameters Advanced

Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]

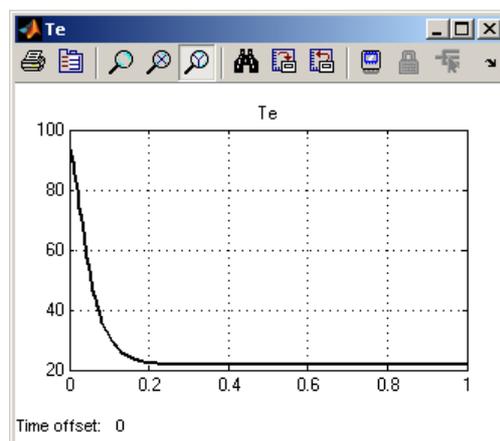
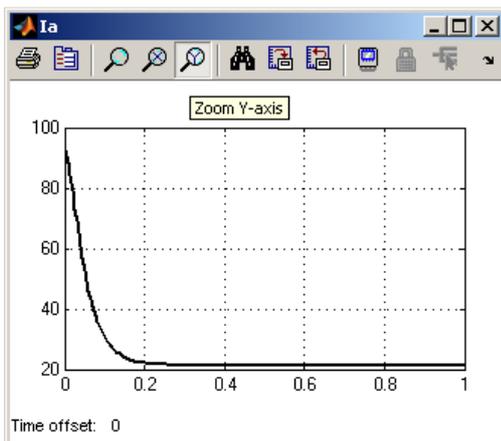
[2.581 0.028]

Résultats de simulation (en charge) :

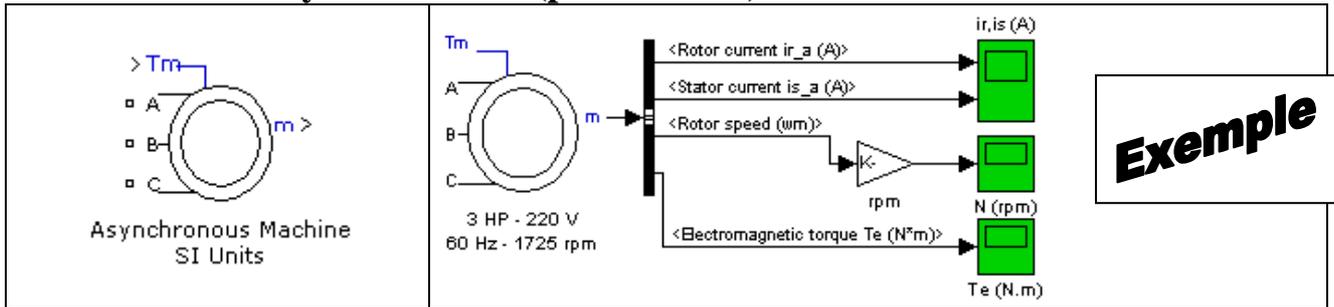


Variation du couple jusqu'à obtenir une puissance de 3680W (3683W) et à 1750r/min :

1750 tr/ min = 183rad/s



## 4.4.6 SimPowerSystems : MAS (présentation)

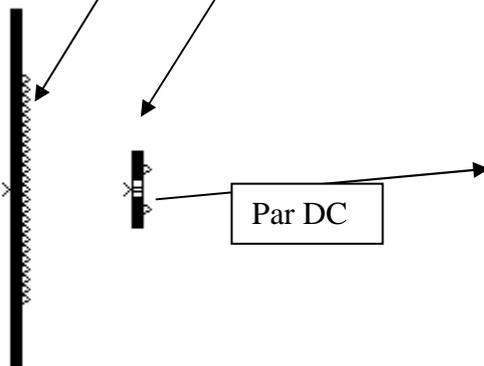


### Les différentes grandeurs mesurables :

| Signal | Definition                | Units     | Symbol          |
|--------|---------------------------|-----------|-----------------|
| 1      | Rotor current ir_a        | A or pu   | $i'_{ra}$       |
| 2      | Rotor current ir_b        | A or pu   | $i'_{rb}$       |
| 3      | Rotor current ir_c        | A or pu   | $i'_{rc}$       |
| 4      | Rotor current iq          | A or pu   | $i'_{qr}$       |
| 5      | Rotor current id          | A or pu   | $i'_{dr}$       |
| 6      | Rotor flux phir_q         | V.s or pu | $\varphi'_{qr}$ |
| 7      | Rotor flux phir_d         | V.s or pu | $\varphi'_{dr}$ |
| 8      | Rotor voltage Vr_q        | V or pu   | $v'_{qr}$       |
| 9      | Rotor voltage Vr_d        | V or pu   | $v'_d$          |
| 10     | Cage 2 rotor current ir_a | A or pu   | $i'_{ra2}$      |
| 11     | Cage 2 rotor current ir_b | A or pu   | $i'_{rb2}$      |
| 12     | Cage 2 rotor current ir_c | A or pu   | $i'_{rc2}$      |
| 13     | Cage 2 rotor current iq   | A or pu   | $i'_{q2}$       |
| 14     | Cage 2 rotor current id   | A or pu   | $i'_{d2}$       |

|    |                           |           |                 |
|----|---------------------------|-----------|-----------------|
| 15 | Cage 2 rotor flux phir_q  | V.s or pu | $\varphi'_{q2}$ |
| 16 | Cage 2 rotor flux phir_d  | V.s or pu | $\varphi'_{d2}$ |
| 17 | Stator current is_a       | A or pu   | $i_{sa}$        |
| 18 | Stator current is_b       | A or pu   | $i_{sb}$        |
| 19 | Stator current is_c       | A or pu   | $i_{sc}$        |
| 20 | Stator current is_q       | A or pu   | $i_{qs}$        |
| 21 | Stator current is_d       | A or pu   | $i_{ds}$        |
| 22 | Stator flux phis_q        | V.s or pu | $\varphi_{qs}$  |
| 23 | Stator flux phis_d        | V.s or pu | $\varphi_{ds}$  |
| 24 | Stator voltage vs_q       | V or pu   | $v_{qs}$        |
| 25 | Stator voltage vs_d       | V or pu   | $v_{ds}$        |
| 26 | Rotor speed               | rad/s     | $\omega_m$      |
| 27 | Electromagnetic torque Te | N.m or pu | $T_e$           |
| 28 | Rotor angle thetam        | rad       | $\Theta_m$      |

Plutôt que d'utiliser un démultiplexeur (Demux) à 28 sorties, on prend un Bus Selector (bibliothèque Simulink puis "Commonly Used Blocks") par lequel on va sélectionner les grandeurs à visualiser



**Function Block Parameters: Bus Selector**

BusSelector

This block accepts a bus as input which can be created from a Bus Creator, Bus Selector or a block that defines its output using a bus object. The left listbox shows the signals in the input bus. Use the Select button to select the output signals. The right listbox shows the selections. Use the Up, Down, or Remove button to reorder the selections. Check 'Output as bus' to output a single bus signal.

Parameters

Filter by name [ ] Find

Selected signals

Up Down Remove

Signals in the bus

- ⊕ Rotor measurements
- ⊕ Stator measurements
- ⊕ Mechanical

Select>> Refresh

Selected signals

- Rotor measurements.Rotor current
- Stator measurements.Stator current
- Mechanical.Rotor speed (wm)
- Mechanical.Electromagnetic torque

Output as bus

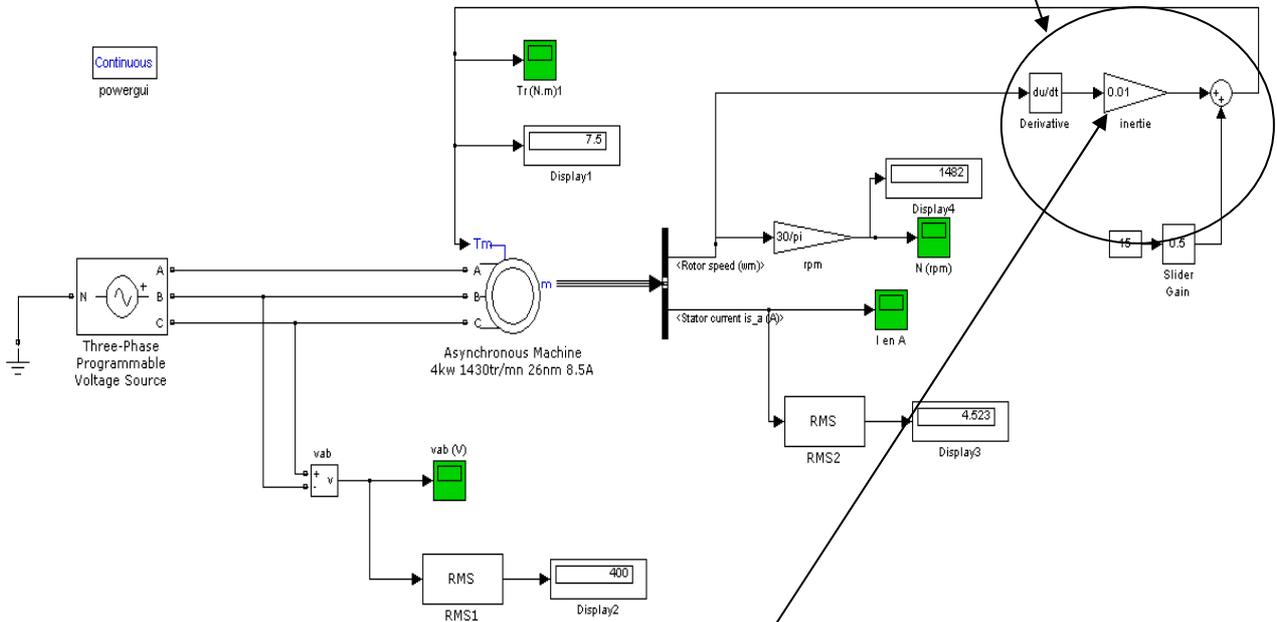
OK Cancel Help Apply

Pour l'exemple ci-dessus

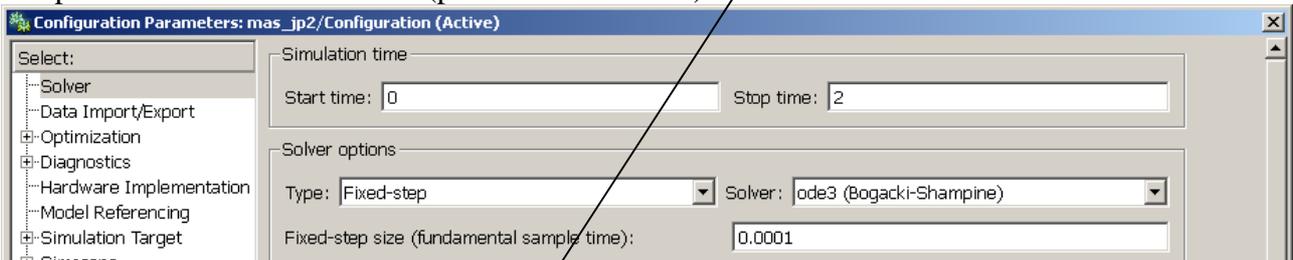
### 4.4.7 Exemple 5 : SimPowerSystems : démarrage d'une MAS

Merci à Jean Paul Wittewrongel (lycée blaise Pascal) pour cette application

Schéma : on tient compte de l'inertie de la charge, le couple ramené est égal  $T_m = Jd\Omega / dt + Cr$



Les paramètres du solveur sont : (pas fixe de 0.0001 s)

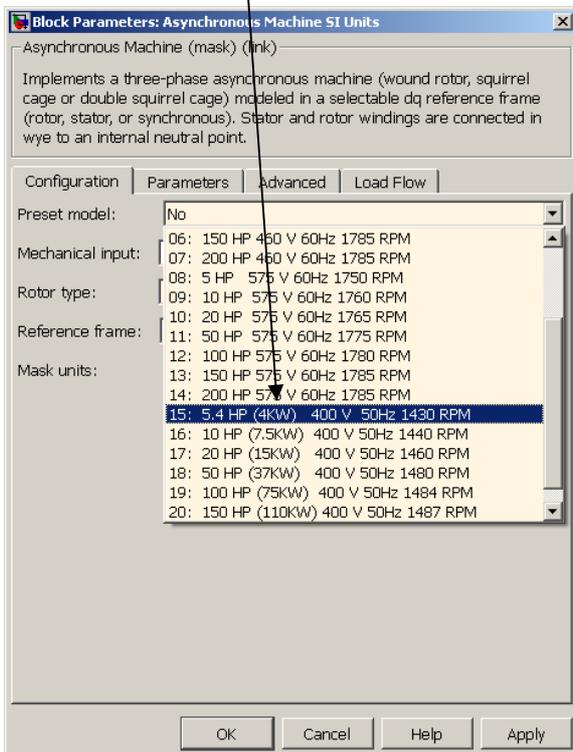


Inconvénient si on prend une inertie de 0.5 (ce qui correspond aux inerties classique à Châteauroux)

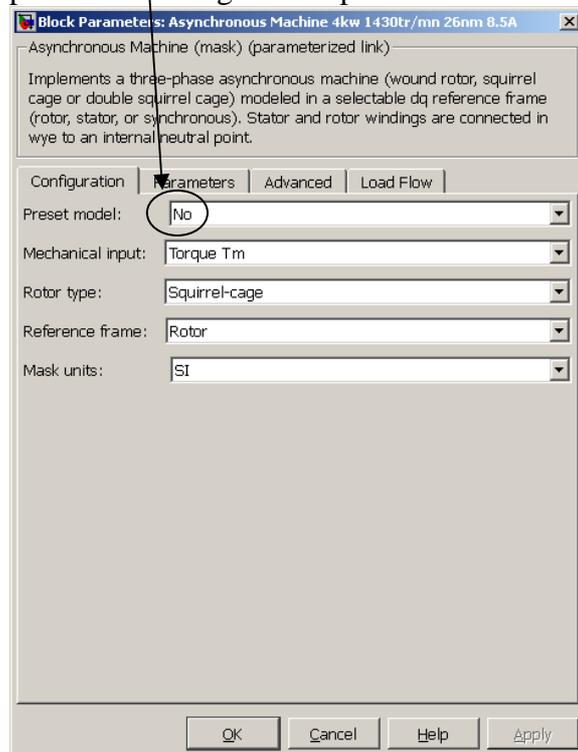


La solution est d'intégrer l'inertie dans le moteur directement

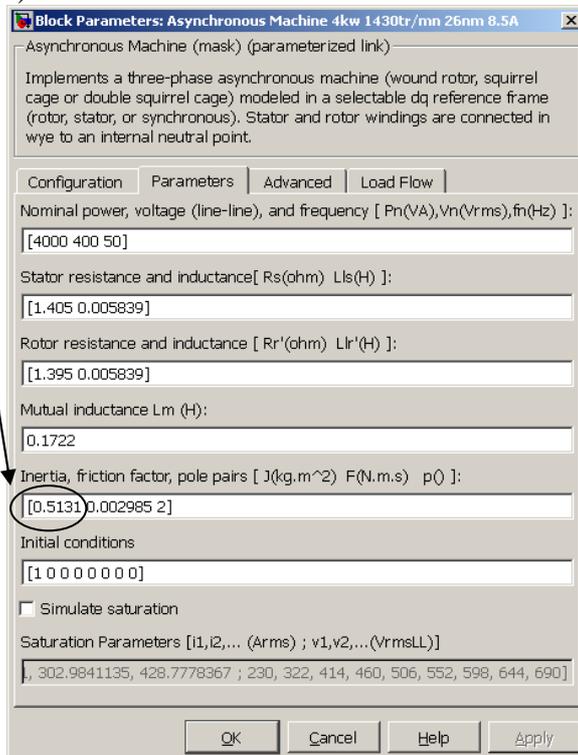
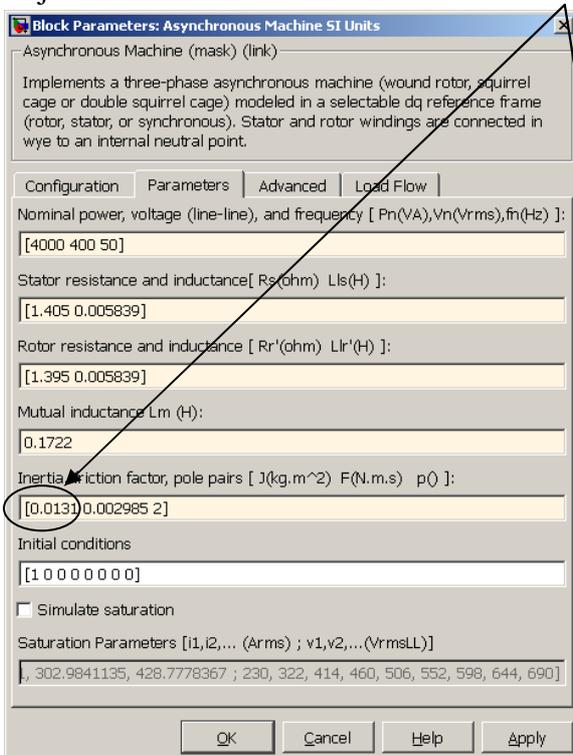
Sélectionner d'un moteur :



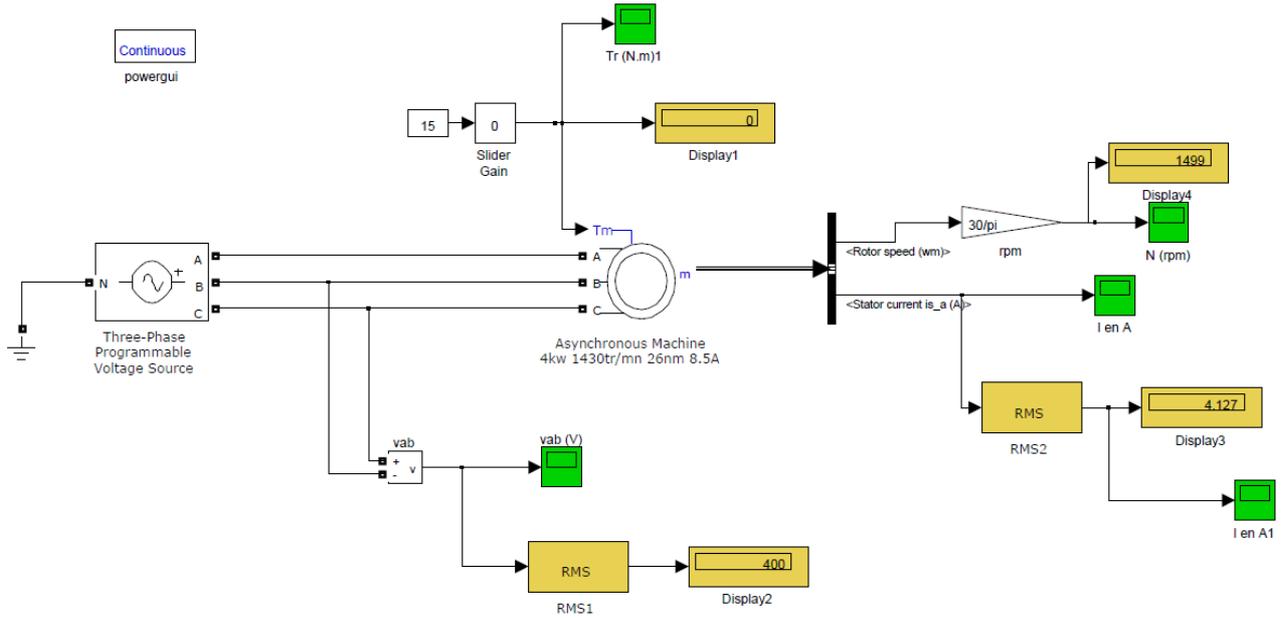
Désélectionner le moteur (les paramètres précédents sont gardés et pourront être modifiés)



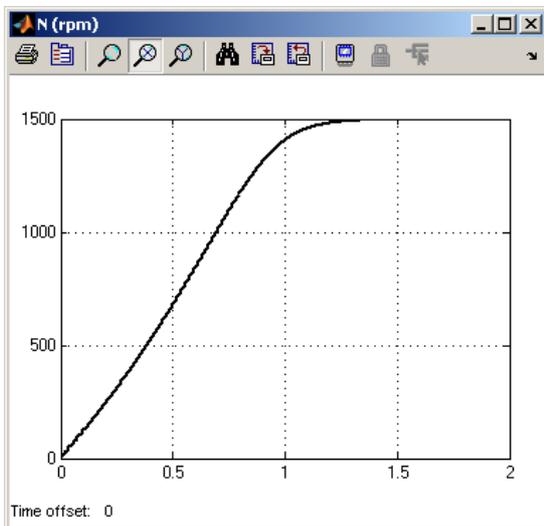
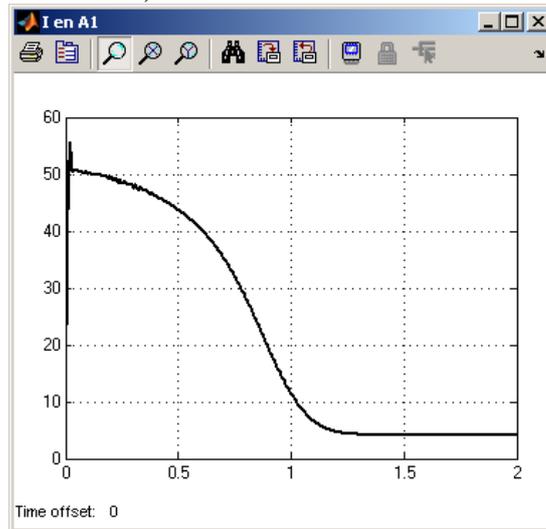
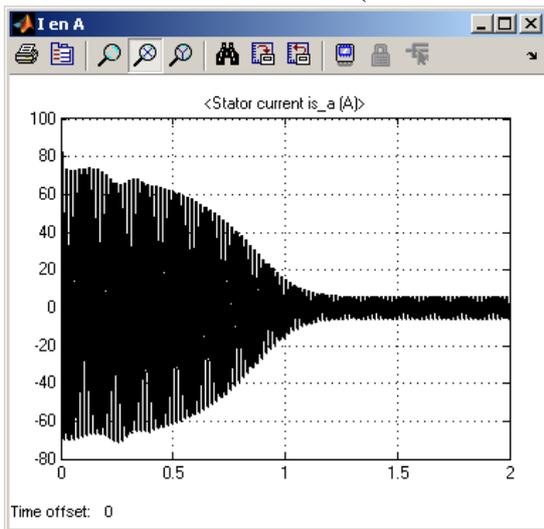
Rajouter directement manuellement l'inertie (+0,5)



Le nouveau schéma donne :



Les résultats de simulation (comme dans les livres dixit JP) :

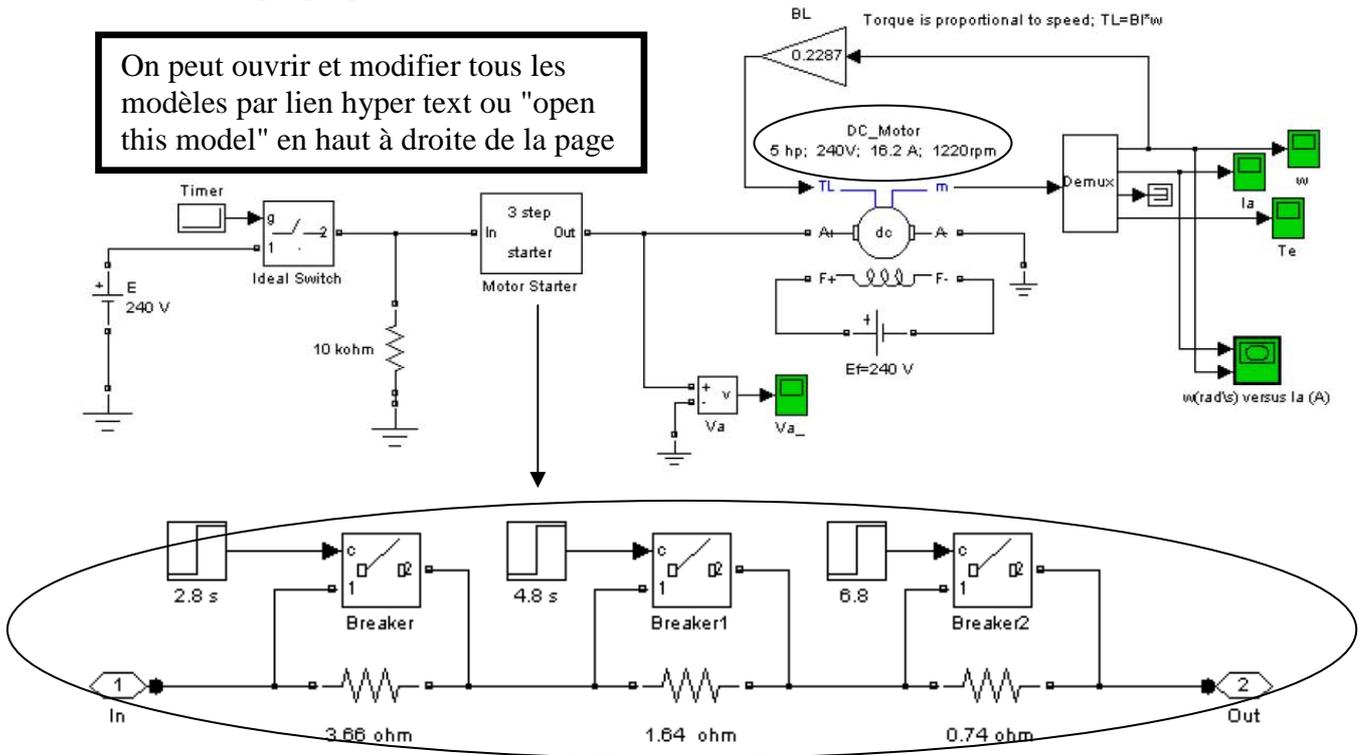


## 4.5 Démos Matlab

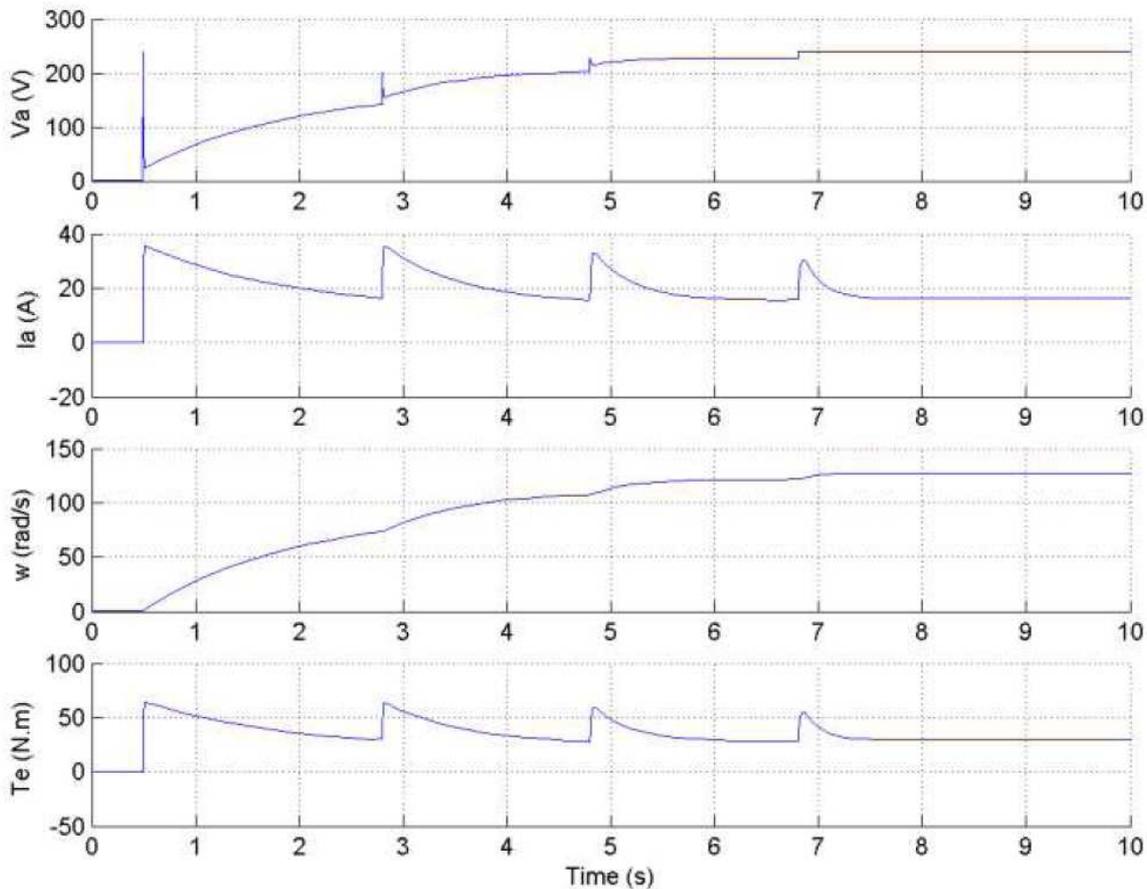
### 4.5.1 Exemple 1 : depuis l'aide du bloc DC Machine : démarrage d'une MCC

Pour limiter le courant d'induit au démarrage, on peut démarrer sous tension réduite ou avec rhéostat (exemple propos e)

On peut ouvrir et modifier tous les mod es par lien hyper text ou "open this model" en haut à droite de la page



Résultats de simulation :



## 4.5.2 Exemple 2 : depuis les démos de Simscape : Thermal Systems : système de chauffage d'une maison : "House Heating System"

Commande de chauffage à partir de 18°C jusqu'à 23°C, visualisation de la T° extérieure et intérieure avec coût du chauffage

