

Régulation de température

I°/MISE EN SITUATION

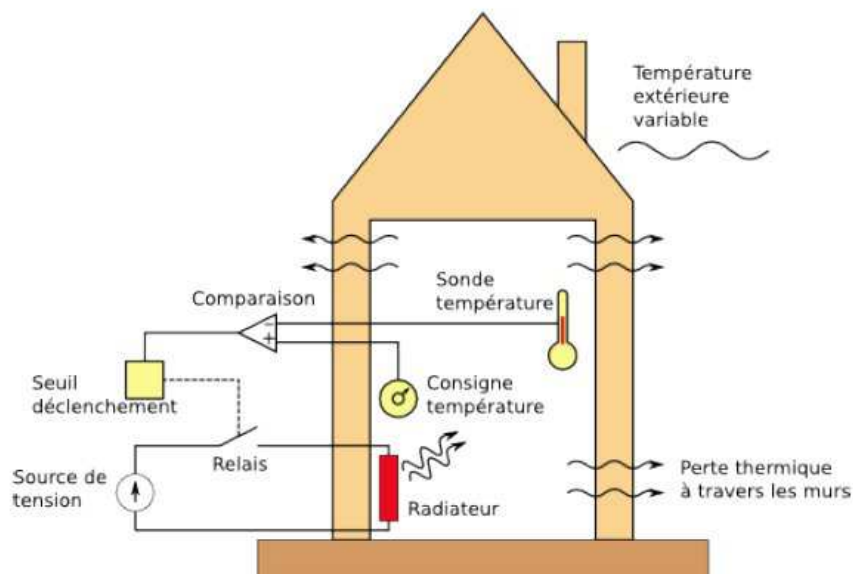
I.1) Problème technique

On considère le problème de régulation de température d'une maison à 20 degrés. La température de la pièce évolue car la température extérieure passe de 25 degrés le jour à 5 degrés la nuit et l'isolation thermique n'est pas parfaite.

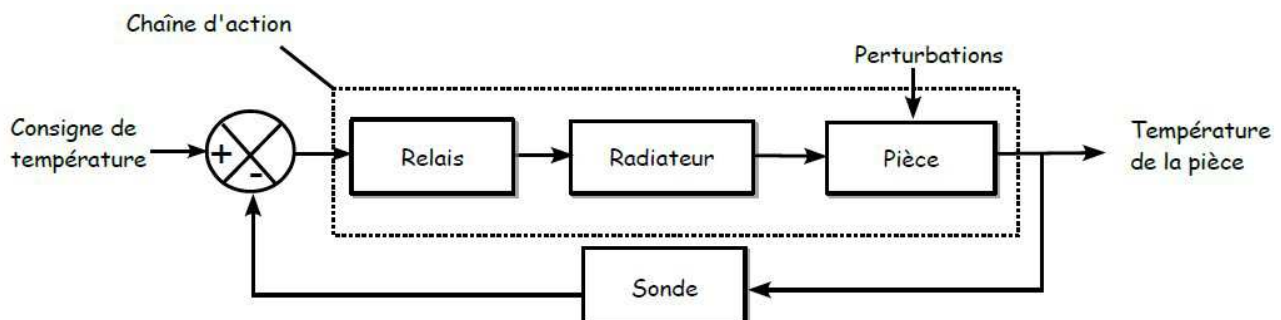
Les phénomènes physiques sont simples (en première approximation) :

- l'intérieur de la maison est modélisé par une capacité thermique (ou inertie thermique) qui caractérise la capacité du bâtiment à absorber ou restituer la chaleur
- l'isolant thermique de la maison agit comme un conducteur thermique entre l'intérieur et l'extérieur qui modélise ainsi les échanges de chaleur
- un radiateur chauffe l'intérieur quand cela est nécessaire et est modélisé par une résistance chauffante.

La commande tout ou rien s'appuie sur la mesure de la température intérieure et la consigne de température de la pièce pour allumer le radiateur quand la température mesurée de la pièce passe 3 degrés sous la consigne.



La régulation Tout-Ou-Rien (TOR) est représenté par le schéma fonctionnel suivant :



I.2) Comportements physiques élémentaires

La capacité thermique (ou capacité calorifique) d'un corps est une grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie. Elle s'exprime en joule par kelvin (J/K). C'est une grandeur extensive (plus la quantité de matière est importante plus la capacité thermique est grande).

La conduction thermique est un transfert thermique spontané d'une région de température élevée vers une région de température plus basse, et est décrite par la loi dite de Fourier :

$$\varphi = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$$

II°/OBJECTIFS

- **modéliser la chaîne d'action du système de régulation et d'en vérifier les performances**
- **mettre en place une régulation Tout-Ou-Rien et d'en montrer l'intérêt.**

III°/TRAVAIL DEMANDE

III.1) Lancement de l'application



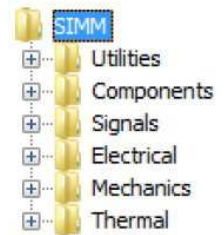
Lancer le logiciel Scilab 5.5.2 à partir de son icône (normalement présent sur le bureau windows). Dans la colonne centrale, les différents modules installés sont listés parmi lesquels CPGE, Coselica, S SIMM, Arduino, etc.



Démarrer ensuite l'extension Xcos en cliquant sur l'icône dédié situé dans le bandeau supérieur (ou dans le menu Application). Cette action a pour effet d'ouvrir deux fenêtres :

- le 'Navigateur de palettes' qui contient les différents icônes ;
- la feuille de travail, initialement nommée 'Sans titre – hh:mm:ss' où hh:mm:ss correspond à l'heure de création du modèle.

Dans le navigateur de palettes se trouvent tous les icônes nécessaires à la simulation de processus et on retrouve dans la partie inférieure la palette nommée 'SIMM' qui contient différents blocs. Double-cliquer sur SIMM pour faire apparaître la liste des composants. Dans cette palette, les composants des chaînes d'énergies et d'informations ont été regroupés (Components). On retrouve également une organisation des blocs par phénomène (Signals, Mechanics, Electrical, Thermal).

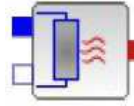
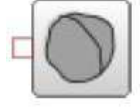


Pour réaliser un schéma-bloc acausal, on fait tout simplement glisser des blocs de la palette vers la fenêtre de travail, puis on les relie entre eux en sélectionnant une sortie et une entrée des blocs. Un double-clic sur chaque bloc permet de spécifier les paramètres du modèle de composant.

III.2) Modélisation du radiateur et maison (cf figure de la page 4/8)

Commençons par implanter les composants électriques permettant de chauffer la pièce.

Faire glisser les blocs suivants puis double-cliquer sur chacun d'eux et renseigner les paramètres indiqués lorsque cela est demandé.

Désignation	Représentation	Localisation (palette)	Paramétrage
résistance chauffante		Electrique / Composant basique / Passif / MEAB_HeatingResistor	50 Ohms à la température de référence de 20 °C = 293,15 K, coefficient de température égal à 0
interrupteur commandé		Electrique / Composant basique / Passif / MEAI_IdealClosingSwitch	
source de tension		Electrique / Source / CEAS_PrededefVoltage	constante égale à 220 V continu
masse		Electrique / Source / MEAB_Ground	
capacité thermique		Thermique / Basique / MTH_HeatCapacitor	$5 \cdot 10^5 \text{ J.K}^{-1}$

Pour changer l'orientation d'un bloc, le sélectionner puis faire un clic droit et sélectionner 'Format' / 'Pivoter' ou 'Format' / 'Miroir' (ou taper directement CTRL + R OU CTRL + M).

Pour simuler le comportement du chauffage, on impose en entrée de l'interrupteur commandé un signal créneau passant de 0 à 1 sur une période de 3h (3*3600s car l'unité temporelle est la seconde) et de rapport cyclique 20 %. Ceci signifie que toutes les 3h, on chauffe durant 36 minutes.

On utilise le bloc de la palette Signaux / s / MBS_Pulse ci-contre.



Relier les blocs entre eux en respectant obligatoirement les formes et couleurs des connecteurs (voir structure de la figure de la page 4/8). L'éditeur ne met pas de message d'erreur mais indiquera une erreur à la compilation lors de la simulation, qui sera assez difficile à comprendre ...

Certains connecteurs sont vides d'autres sont pleins, la plupart du temps les composants ne sont pas orientés et il n'y a pas de différence entre ces connecteurs. Dans une représentation acausale, il n'y a pas de notion d'entrée et de sortie !

III.3) Première simulation

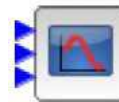
Le schéma-bloc du modèle de chauffage de la pièce est prêt. Il reste à spécifier sur quelle durée de simulation, le comportement doit être évalué. On choisit une durée de 4 jours.

La durée de simulation est spécifiée par le bloc IREP_TIME (palette Utilitaires / Analyses).

Time 3600*4*24

On choisit de paramétrer le bloc de manière à ce que 20000 pas de temps de calcul soient réalisés et que les courbes se tracent à la fin du calcul.

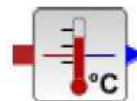
Pour visualiser des signaux provenant d'une source ou d'un capteur, on utilise le bloc ISCOPE de la palette Utilitaires / Visualisation pour lequel le nombre d'entrées à visualiser sur un même graphique est spécifié (une légende peut être donnée pour chaque courbe).



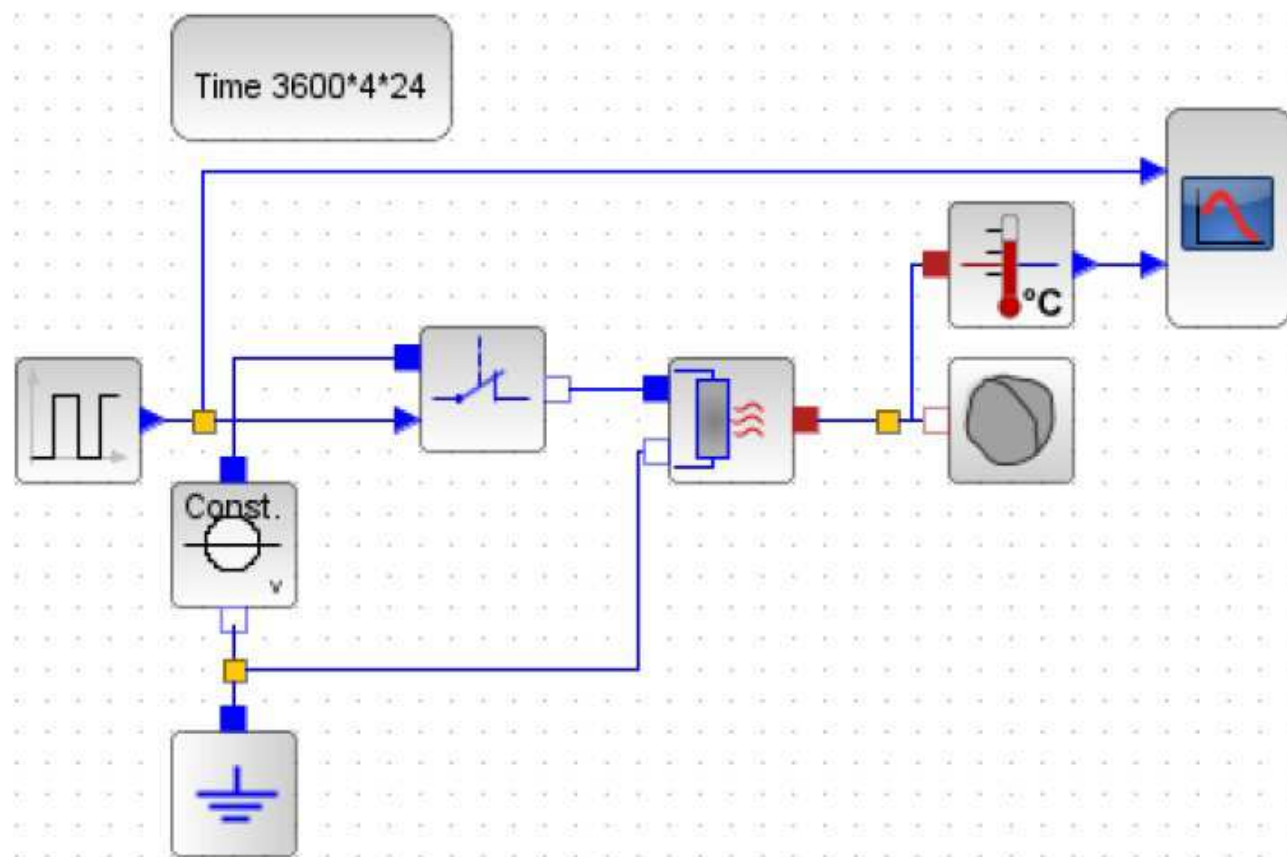
En double-cliquant sur le bloc ISCOPE, choisir pour commencer 2 courbes, valider et indiquer une légende (Consigne et Température (°C)).

Sur le lien reliant la résistante chauffante à la capacité, circule les quantités thermiques que sont le flux et la température. Pour afficher la température, il faut extraire de ce lien la grandeur température.

Cela se fait en utilisant le bloc de la palette Thermique / Mesures / MTHC_TemperatureSensor. Il est ensuite possible de relier cette sortie (signal) au bloc ISCOPE.



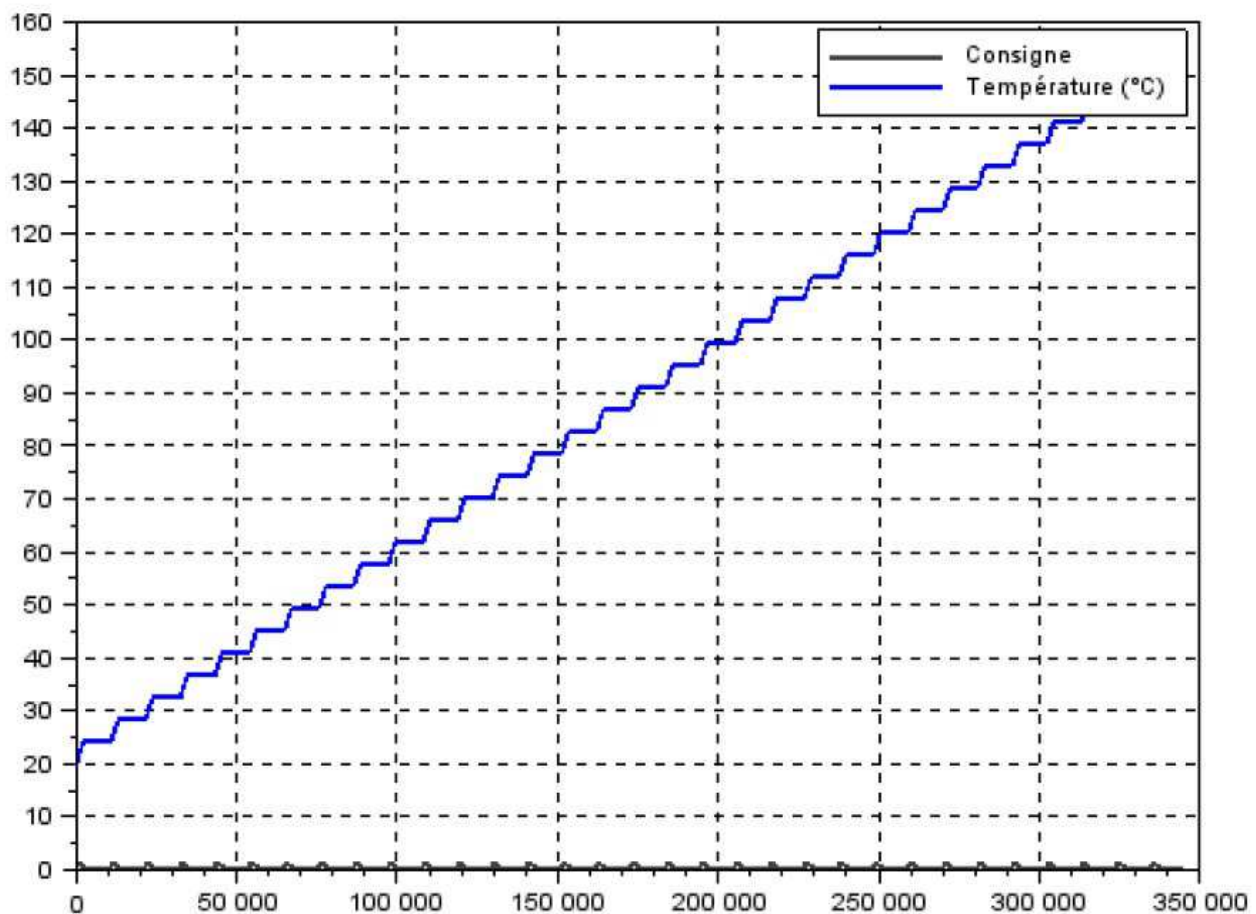
Vous devez obtenir un schéma-bloc de la forme suivante :



La simulation est lancée par appui sur l'icône  et peut être stoppée par appui sur .

Une fenêtre récapitulant les données de simulation est proposée. Après un certain temps, les courbes s'affichent.

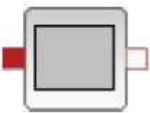
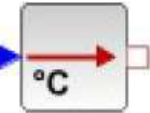
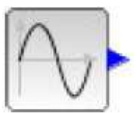
Q1 Justifier l'allure de la courbe obtenue. Conclure sur le réalisme de ce premier modèle.



III.4) Amélioration du modèle

- **Prise en compte des pertes**

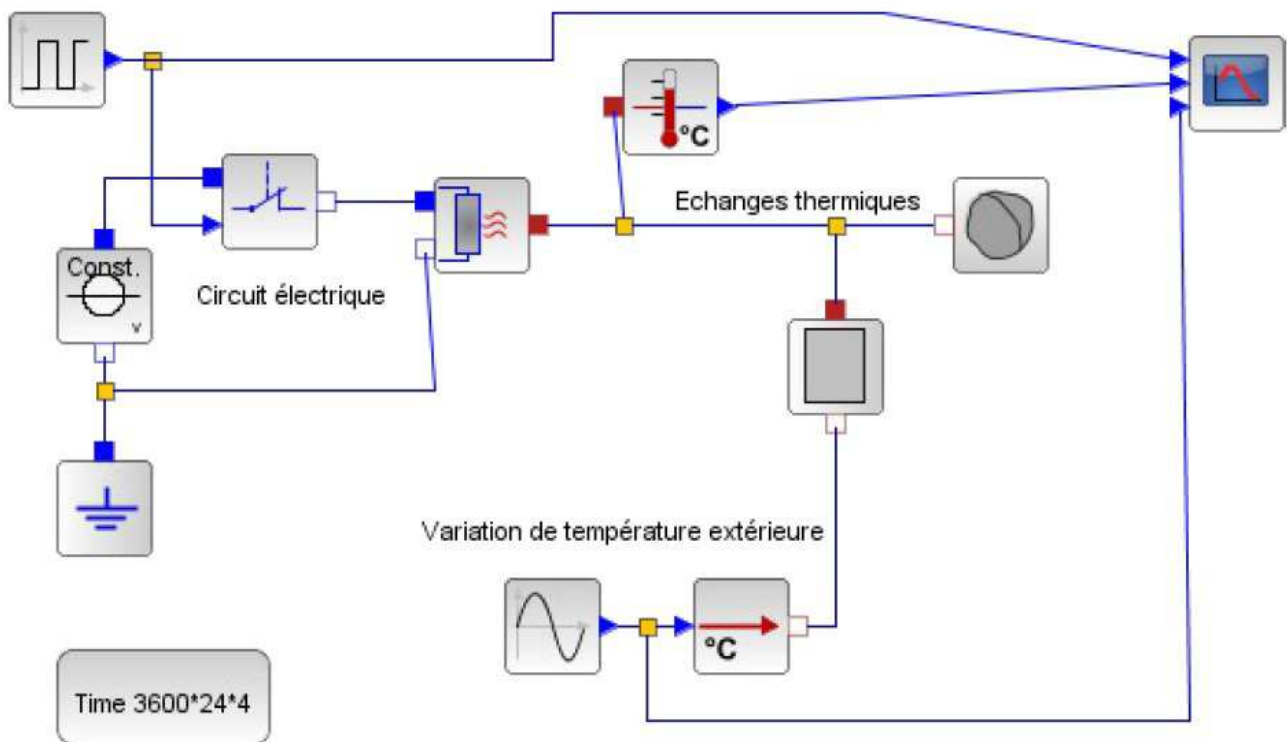
Ajouter les composants suivants et réaliser le schéma-bloc donné ci-après.

Désignation	Représentation	Localisation (palette)	Paramétrage
conductivité thermique		Thermique / Basique / MTH_ThermalConductor	20 W.K ⁻¹
source de température		Thermique / Sources / MTHC_PrescribedTemperature	
signal sinusoïdal		Signaux / Sources / MBS_Sine	amplitude 10, offset 15, fréquence 1/24h = 1/(3600*24) s

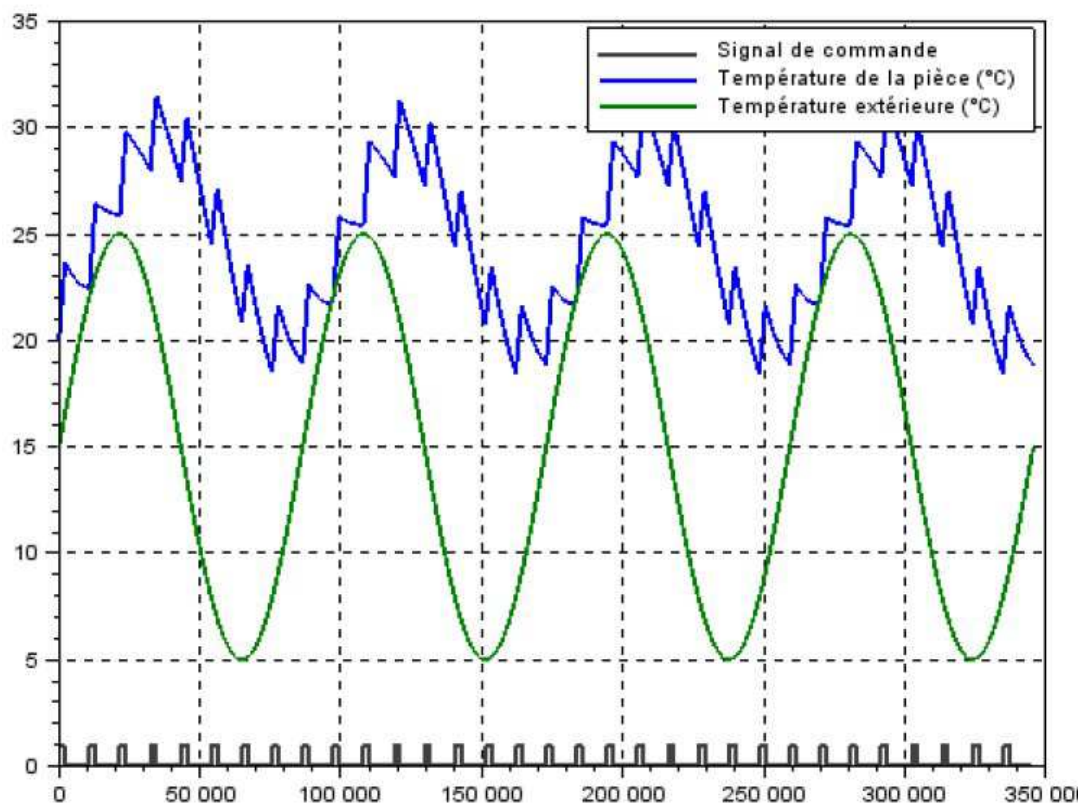
Le signal sinusoïdal modélise la variation de température extérieure de 5° à 25°, ce qui justifie les paramètres retenus.

Comme pour visualiser la température, pour imposer une température, il faut spécifier une source de température et dire comment elle varie en donnant le signal correspondant.

Modifier le bloc ISCOPE pour visualiser l'évolution de la température extérieure.



Lancer une nouvelle simulation et observer que la commande par impulsion est loin d'être optimale.



Q2 Donner la variation de température dans la pièce. Est ce acceptable ?

Q3 Modifier la conductivité thermique en W/K et faire différentes simulations. Comment faut il choisir cette conductivité thermique (valeur) ? Comment fait-on sur une maison pour modifier cette conductivité thermique ?

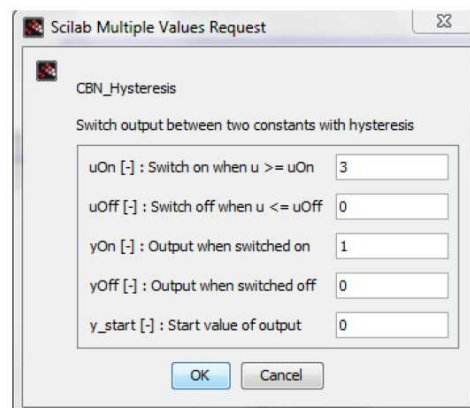
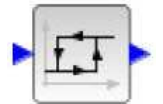
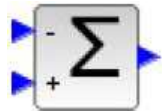
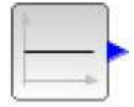
• Mise en place de la régulation

Pour assurer la régulation de température, il suffit de comparer le signal de température de la pièce à une température de consigne. L'écart ainsi formé est utilisé comme entrée d'un relais qui ferme ou non l'interrupteur.

La consigne de température est un bloc signal constant (palette Signaux / Sources / MBS_Constant). Une valeur de 20° est spécifiée.

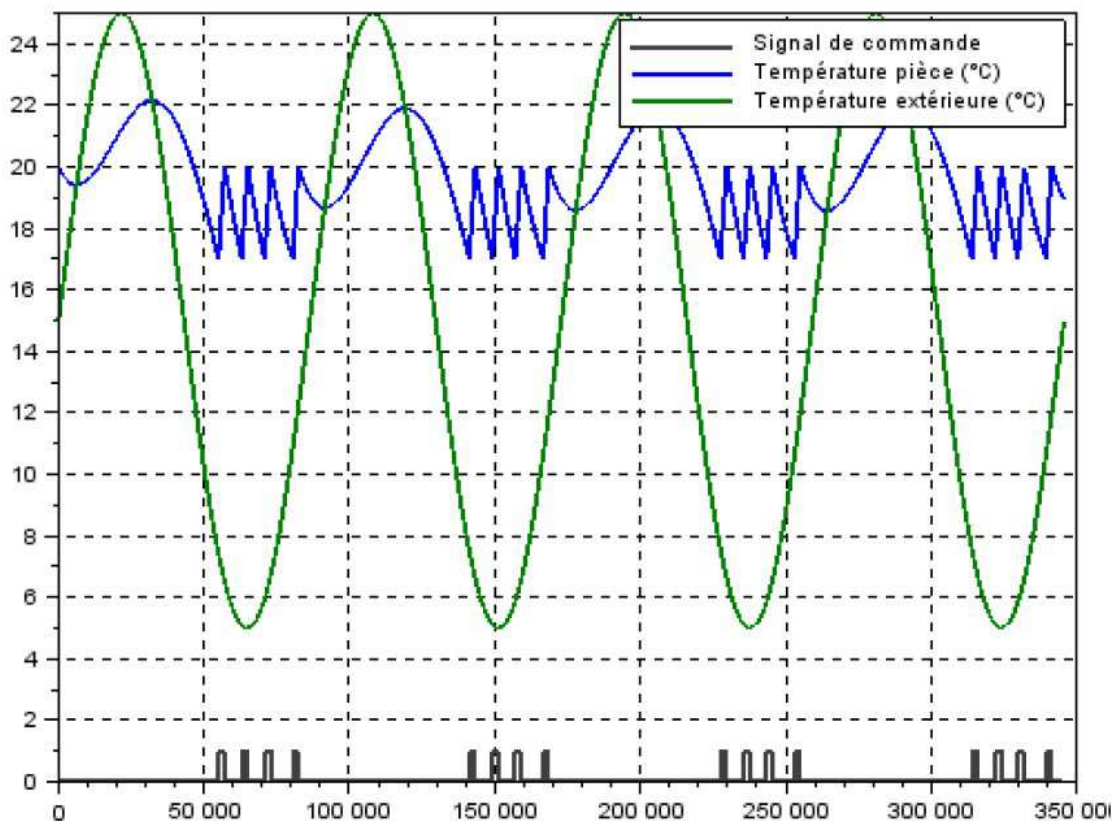
Pour former l'écart on utilise un bloc sommateur (palette Signaux / Math / MBM_Add). Pour changer les signes du sommateur, cliquer sur le bloc et mettre les valeurs -1 et 1.

Le relais (palette Signaux / Non-linéarités / CBN_Hysteresys) passe à 1 lorsque l'écart est supérieur à 3°, il repasse à 0 lorsque l'écart est nul.



Q4 Organiser le nouveau schéma avec la régulation Tout-Ou-Rien en prenant une conductivité thermique de 20W/K.

Q5 Lancer à nouveau la simulation qui doit conduire à la courbe suivante :



Q6 Donner la variation de température dans la pièce. Que pensez vous de la régulation de température ainsi simulée ?

Q7 Expliquer pourquoi la température dépasse la température de 20 °C.

Q8 Modifier la conductivité thermique en W/K et effectuer différentes simulations avec la régulation Tout-Ou-Rien. Conclure.

V°/CONCLUSION

À travers cette activité, nous avons pu très facilement voir l'intérêt d'une régulation de température en prenant en compte un modèle très simple d'une maison chauffée par un radiateur. La prise en main de la toolbox est immédiate et ne nécessite que la connaissance de quelques principes physiques élémentaires.

Cependant, quelques remarques sont à noter.

Normalement, la tension EDF est sinusoïdale (220V, 50Hz) mais évidemment, si le simulateur doit représenter correctement le signal sinusoïdal dans le circuit électrique, le pas de temps devra être très petit (de l'ordre de 1/500 s) alors que le phénomène thermique est étudié sur plusieurs jours ... C'est pourquoi on utilise une source continue équivalente dans le modèle. D'une façon générale, il faut éviter d'imposer dans un même modèle des phénomènes dont les constantes de temps sont très éloignées. Cette contrainte conduit à des compromis sur le niveau de détail des modèles choisis et nécessite du recul quant aux phénomènes physiques étudiés.