

PRESENTATION GENERALE

Problématique

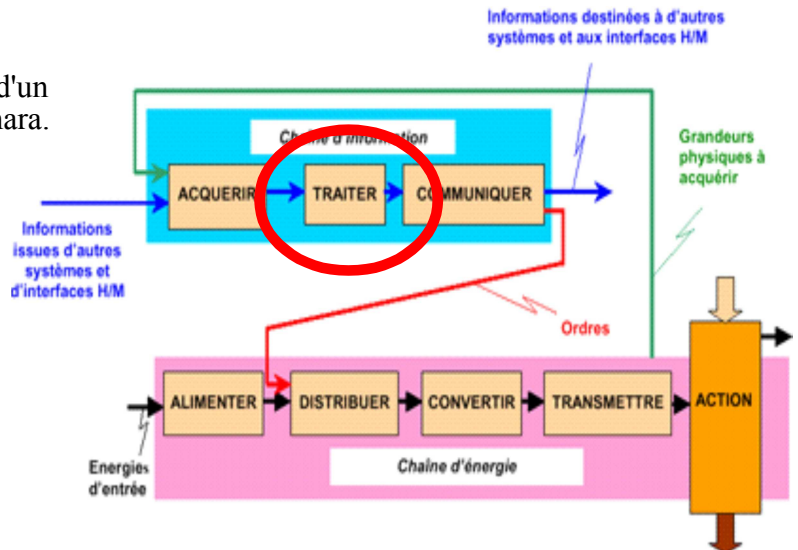
Dans le TP précédent nous avons trouvé, à l'aide d'un essai indiciel, un **modèle** pour le système Shirodhara.

Nous allons ici utiliser ce modèle pour évaluer les performances du système en boucle fermée, puis comparer avec le système réel.

D'autre part ce modèle sera une aide à la recherche des limites de performances.

Partie abordée

La chaîne d'information - Fonction "Traiter".



DONNEES PEDAGOGIQUES

Centre d'intérêt : · Concevoir un modèle relatif à un système en vue d'évaluer ses performances.

Compétence terminale visée : B2 Proposer ou justifier une solution

Compétences - associer un modèle à un système ou à son comportement.

Connaissances :

- Ordre d'un système
- Paramètres d'une simulation

Capacités :

- interpréter les résultats d'une simulation fréquentielle des systèmes du 1er et du 2ème ordre.
- adapter les paramètres de simulation, durée, incrément temporel, choix des grandeurs affichées, échelles, à l'amplitude et la dynamique de grandeurs simulées.

Pré-requis : notions sur les systèmes asservis

DONNEES TECHNIQUES

- | | |
|--|---|
| <p>Matériels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordinateur disposant de Environnement Multimédia Pédagogique du Shirodhara - Système Shirodhara | <ul style="list-style-type: none"> - Durée : 2 heures - Logiciel Géogebra |
|--|---|

1 MISE EN SITUATION.

Nous avons recherché dans le TP précédent un modèle pour la boucle de régulation en température du système Shirodhara. Ce modèle sera exploité ici pour rechercher les performances du système en boucle fermée. Le modèle proposé est complété pour tenir compte de différents paramètres (température ambiante, quantité d'eau dans la cuve, ...)

- 1.1 **Surligner** la boucle de régulation en température du système Shirodhara sur les figures 1, 2 et 3 qui correspondent respectivement à l'organisation fonctionnelle interne, au synoptique et au modèle.

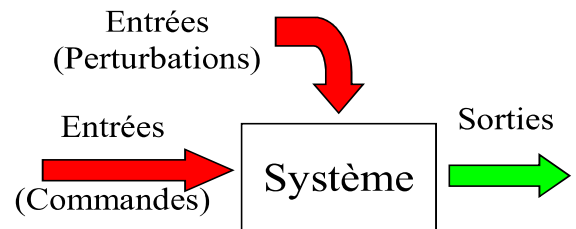
Note : dans le modèle proposé figure 3 les abbréviations Ebo, Sbo, Ebf et Sbf ont les significations suivantes :

Ebo : entrée en boucle ouverte
Ebf : entrée en boucle fermée

Sbo : sortie en boucle ouverte
Sbf : sortie en boucle fermée

- 1.2 Le but d'un système régulé (asservissement avec consigne fixe) est de compenser l'effet des perturbations ⁽¹⁾.

Indiquer figure 4 quelques exemples de perturbations pouvant influencer le système.



(1) Perturbations : modifications non prévisibles sur le système (entrée supplémentaire au système que l'on ne peut contrôler)

2 RECHERCHE DES PERFORMANCES DU SYSTEME

Les principales qualités attendues d'un asservissement du point de vue de l'utilisateur sont :

- la rapidité,
- la précision,
- la stabilité et l'amortissement.

Nous allons rechercher ces paramètres sur le modèle et comparer avec le système réel. La simulation s'appuiera sur le logiciel Scilab qui est un logiciel libre de calcul numérique fournissant un environnement de calcul pour des applications scientifiques. Nous utiliserons Scilab associé à son environnement graphique Xcos.

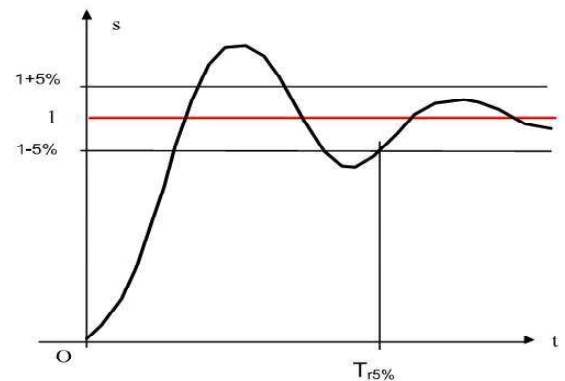
2.1 Rapidité

La rapidité est caractérisée par le temps que met le système à réagir à une variation brusque de la grandeur d'entrée.

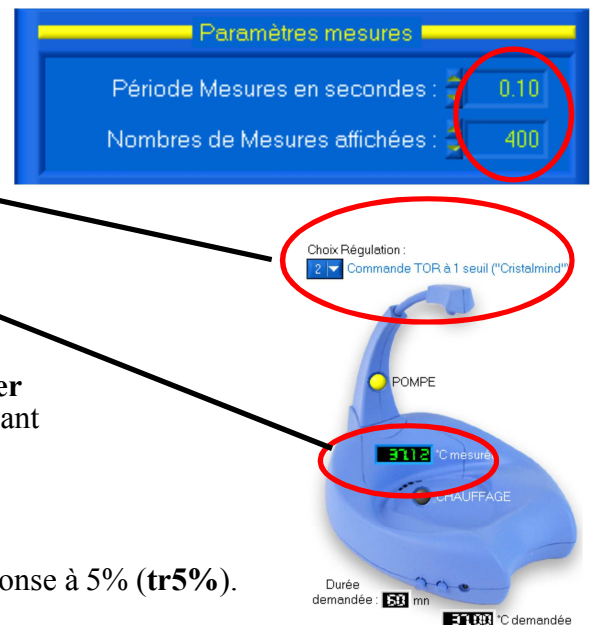
Cependant la valeur finale étant le plus souvent atteinte de manière asymptotique, on retient alors souvent comme principal critère d'évaluation de la rapidité d'un système le temps de réponse à 5%.

- 2.1.1 Nous allons déterminer le temps de réponse à 5% sur le système réel, pour cela :



- **lancer** le programme d'acquisition en cliquant sur l'icone :
- **établir** la communication,
- **mettre** la pompe en route,
- **paramétrer** les mesures, icône :

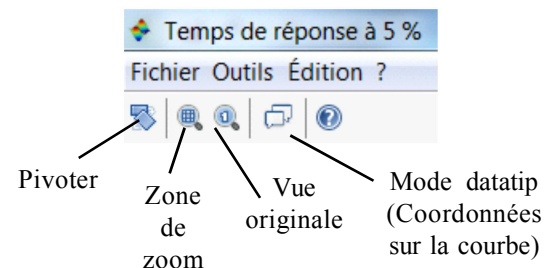


- **choisir** "paramétrer affichage et visualisation mesures" et **saisir** les paramètres ci-contre :
- **choisir** la loi de régulation n° 2 (pilote T.O.R),
- **relever** et noter figure 5 les températures initiale de l'eau (T_i) et ambiante (T_a),
- **mettre** la pompe en route et **effectuer** une acquisition de la grandeur de sortie et **provoquer** un échelon de la grandeur de consigne en la faisant passer à 37°C .
- **attendre** que la température atteigne 37°C .
- **noter**, sur la figure 5, la valeur du temps de réponse à 5% ($tr_{5\%}$).



2.1.2 Nous allons maintenant rechercher le temps de réponse à 5 % en utilisant le modèle, pour cela :

- **ouvrir** le logiciel Scilab  et **charger** le fichier SHIRO03-1.
- dans le menu simulation, **modifier** le contexte avec :
 - la température ambiante T_a et une consigne de température $T_c = 37^\circ\text{C}$,
 - la relation entre la température correspondant au temps de réponse à 5% ($T_{tr_{5\%}}$) et la température de consigne.
- **saisir** la température initiale de l'eau (T_i), et **lancer** la simulation, 
- **utiliser** les outils proposés (voir ci-contre) pour **relever** le temps de réponse à 5% ($tr_{5\%}$). **Reporter** la valeur obtenue figure 5.



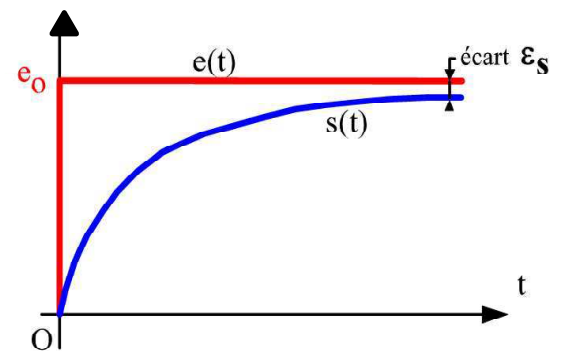
2.2 Précision

La précision qualifie l'aptitude du système à atteindre la valeur visée (consigne). Elle est caractérisée par l'écart entre cette consigne et la valeur effectivement atteinte par la grandeur de sortie.

Lorsque le système fonctionne en régulation (entrée fixe), c'est la cas du Shirodhara, on parle alors d'**erreur** ou d'**écart statique (ϵ_s)**.

2.2.1 Effectuer la mesure de l'écart statique (ϵ_s) sur le système réel, reporter votre valeur figure 6.

2.2.2 Nous allons déterminer l'écart statique sur le modèle



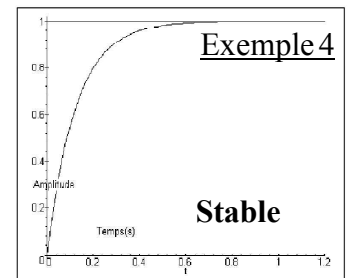
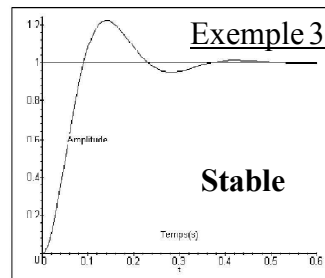
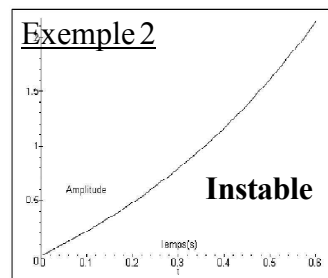
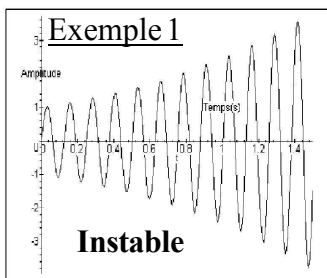
Ouvrir le logiciel Scilab et **charger** le fichier SHIRO03-2. Dans le menu simulation, **modifier** le contexte avec les températures ambiante (T_a), de consigne (T_c) et initiale (T_i) relevées. **Lancer** la simulation

2.2.3 **Relever** sur la courbe les températures extrêmes en régime permanent (après la phase transitoire) à l'aide des outils disponibles (voir ci-dessus).

En déduire l'erreur statique (écart avec la consigne ϵ_s), et **reporter** cette valeur figure 6.

2.3 Stabilité

Un système est stable si lorsqu'il est soumis à une consigne bornée sa sortie est bornée. Si tel n'était pas le cas, le système arriverait rapidement à une situation de saturation (au mieux) ou de rupture des composants (au pire), qui n'arriveraient plus à supporter les charges dynamiques imposées.



Il est donc important de prévoir pour quelles conditions le système bouclé sera stable. Pour cela nous réaliserons une réponse fréquentielle du système en boucle ouverte. Il s'agit d'étudier la réponse du système linéaire à une réponse sinusoïdale. La réponse (sortie) du système sollicité est aussi de forme sinusoïdale, de même pulsation, mais d'amplitude différente et déphasée par rapport au signal d'entrée.

Différents outils (algébriques ou graphiques) permettent alors d'étudier la stabilité. Nous utiliserons un outil graphique qui permettra de prévoir la stabilité en boucle fermée à partir du **diagramme de Bode** en boucle ouverte. Ce diagramme est constitué de deux parties :

- le **diagramme de gain** (en dB) qui est le rapport entre les amplitudes des sinusoïdes de sortie et d'entrée,
- le **diagramme de phase** qui est le résultat du déphasage entre les deux sinusoïdes.

Dans le diagramme de Bode nous utiliserons, pour étudier la stabilité, le critère suivant :

*le système sera stable en BF (boucle fermée) si en BO (boucle ouverte) à la pulsation pour laquelle le Gain $G=0$ dB, le déphasage $|\phi| < 180^\circ$. La différence entre 180° et ϕ représente une marge de sécurité qui s'appelle la **marge de phase**.*

2.3.1 Simulation du comportement en boucle ouverte dans le diagramme de Bode

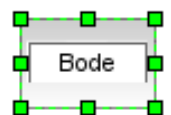
Ouvrir le logiciel Scilab et **charger** le fichier SHIRO03-3.

Sélectionner le module "Bode" (double clic)

Valider les paramètres du tracé et **choisir** "affichage des marges".

Lancer la simulation.

Compléter la figure 7 avec la marge de phase et **conclure** sur la stabilité du système en boucle fermée sachant que la marge usuelle est $M\phi \geq 45^\circ$.



2.4 Analyser figure 8 les écarts obtenus entre les performances sur le modèle et le système réel.

3 Recherche de la température limite d'utilisation

Nous avons vu que les résultats issus du modèle sont très proches de ceux données par le système réel. Afin de compléter le cahier des charges on souhaite rechercher la température limite d'utilisation. Ce type d'essais sur le système réel étant très fastidieux, vous allez effectuer cette recherche en utilisant le modèle.

Rechercher si il existe une température limite de l'air telle que l'élément chauffant ne puisse pas chauffer suffisamment l'eau pour atteindre la consigne et donc compenser les pertes. Pour cela :

- **charger** le fichier SHIRO03-4 ;
- **ajuster** les paramètres nécessaires : menu simulation
Modifier le contexte → T_a ,
Configurer → Temps d'intégration final
- **lancer** la simulation et réajuster les paramètres si nécessaires.
- **Indiquer** et **commenter** vos résultats figure 9.



Boucle de régulation en température

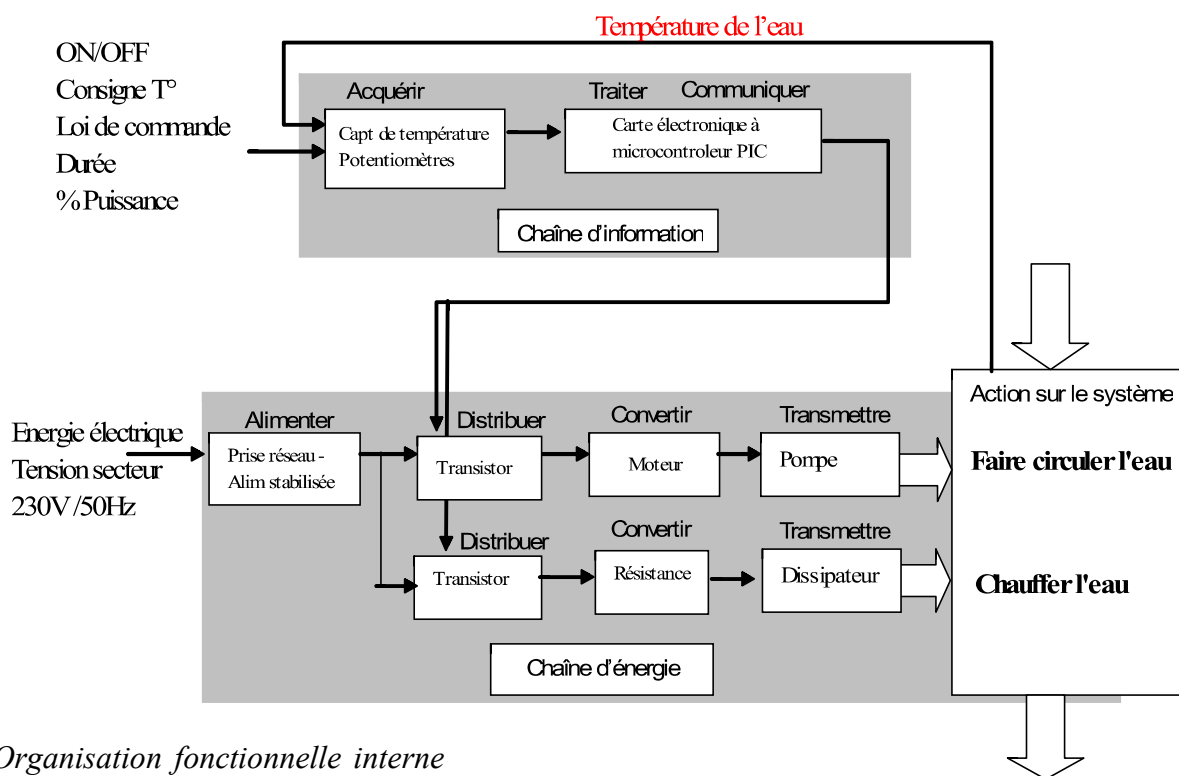


Figure 1 : Organisation fonctionnelle interne

Figure 2 : Synoptique Shirodhara

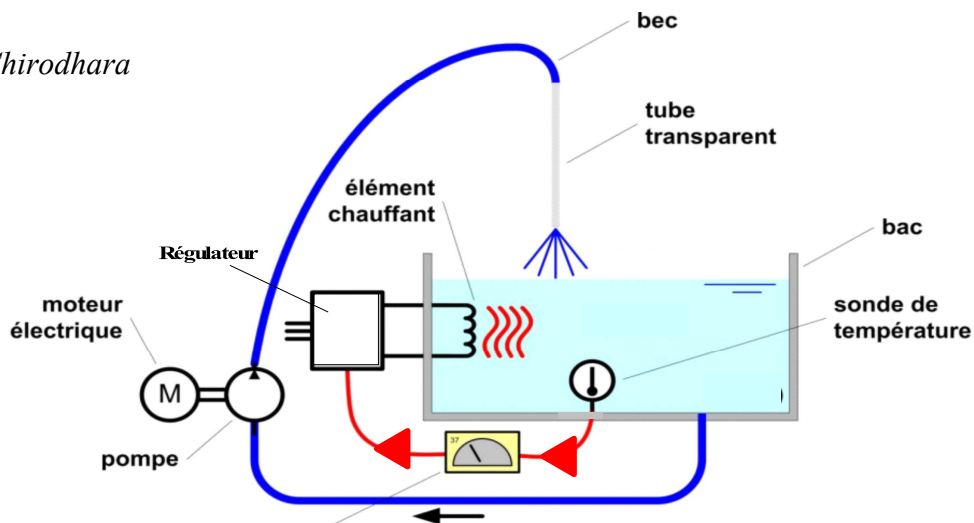
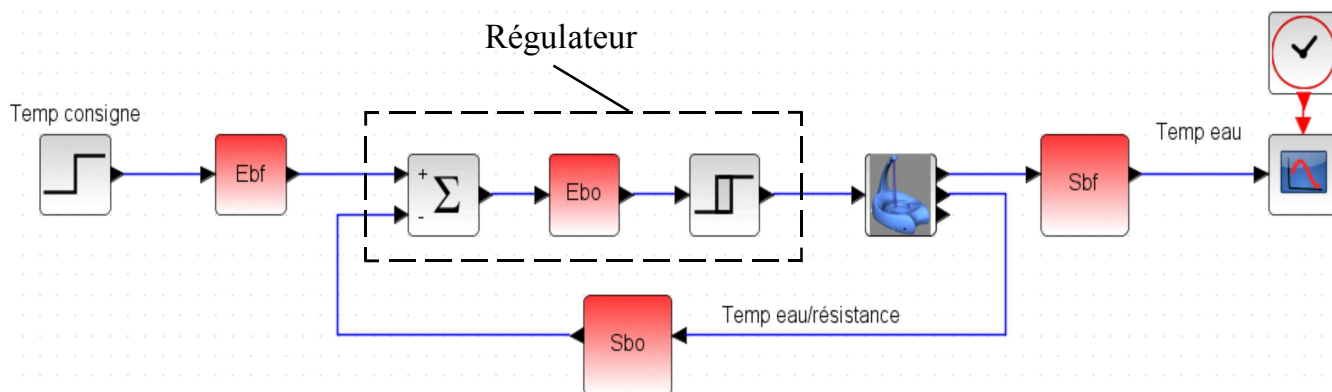
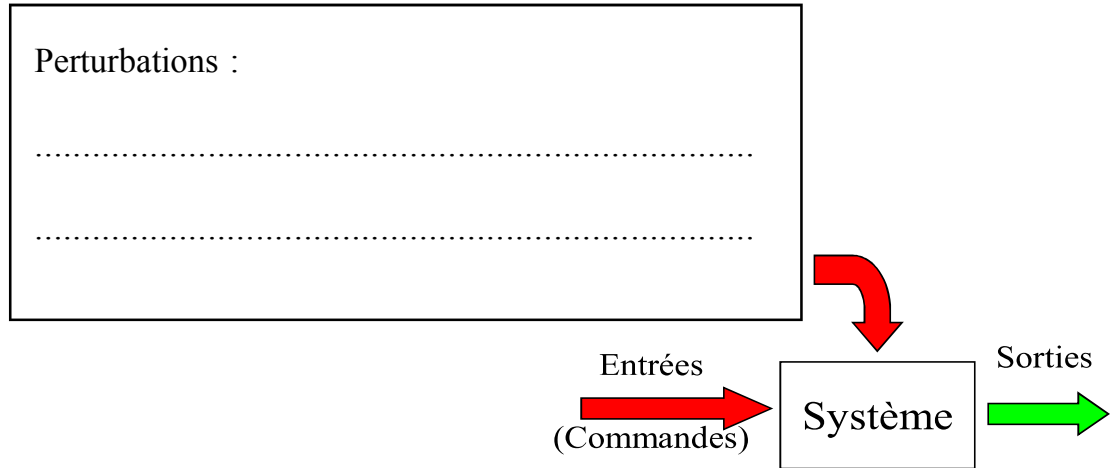


Figure 3 : Modèle en boucle fermée



Perturbations

Figure 4 : Différentes perturbations

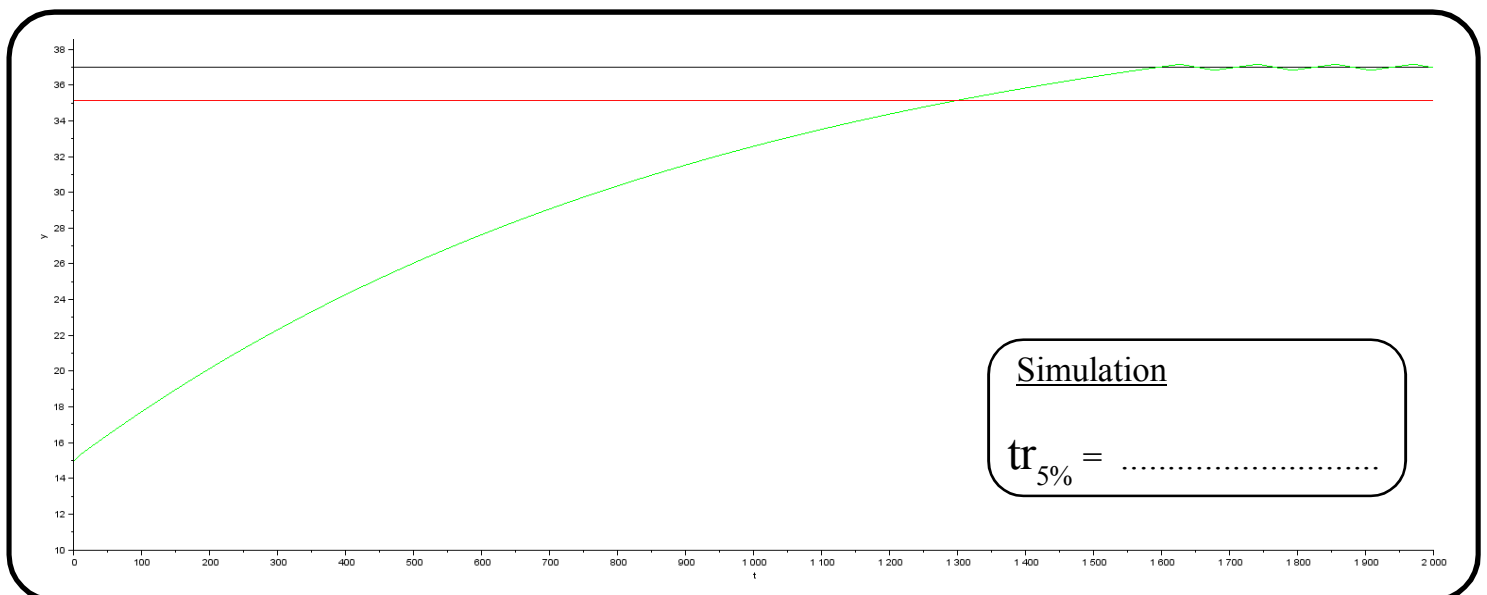
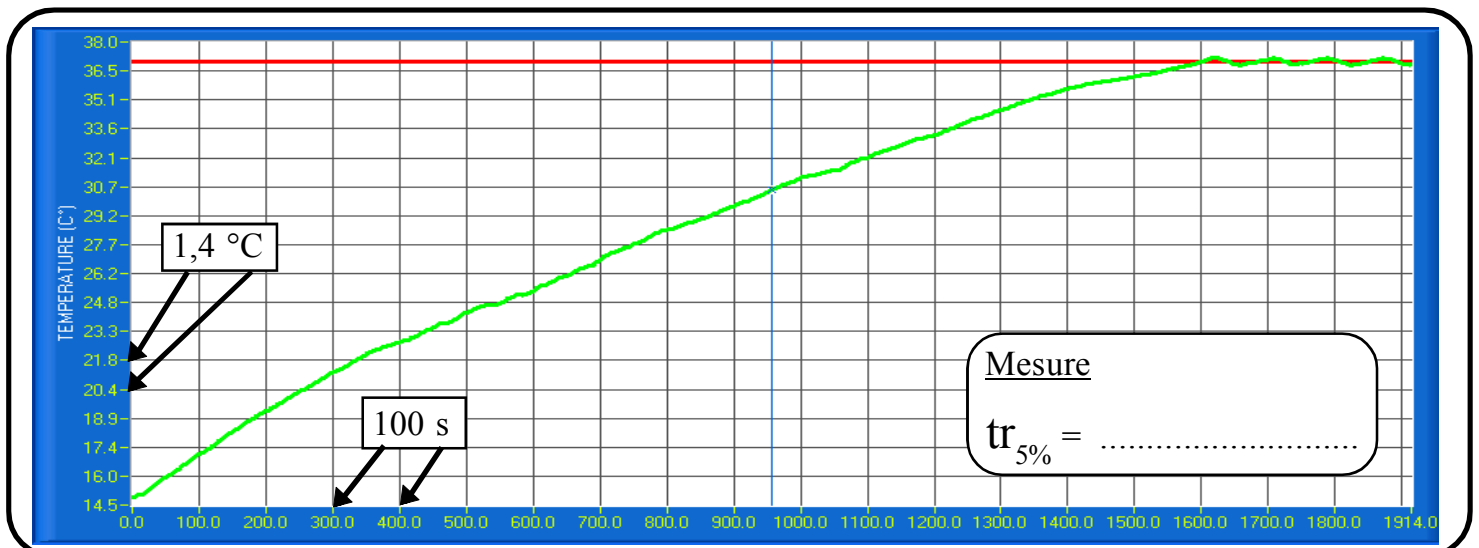


Recherche des performances

Figure 5 : Mesure du temps de réponse ($tr_{5\%}$)

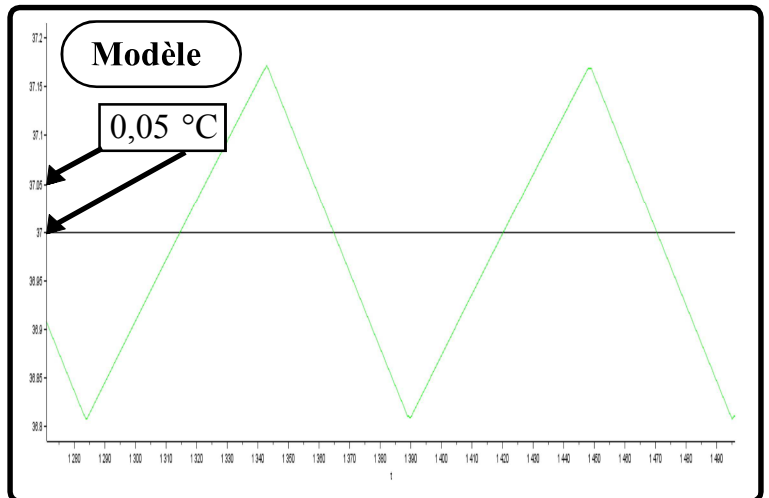
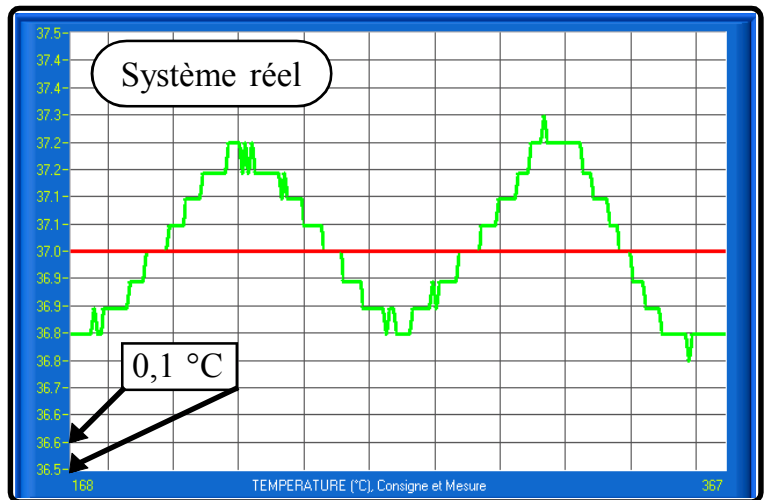
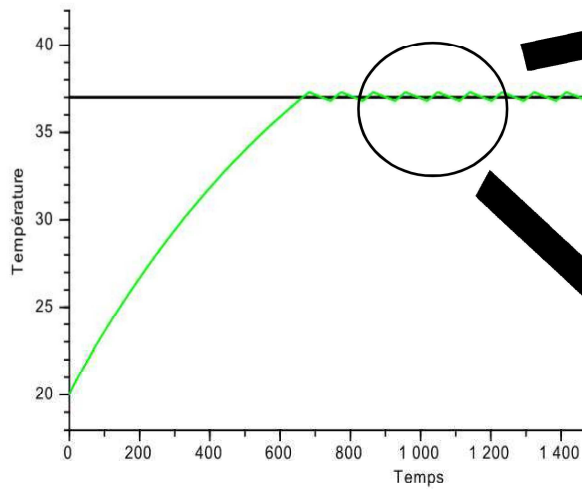
T_i =

T_a =



Recherche des performances

Figure 6 : Mesure de l'écart statique



Ecart statique (ϵ_s)

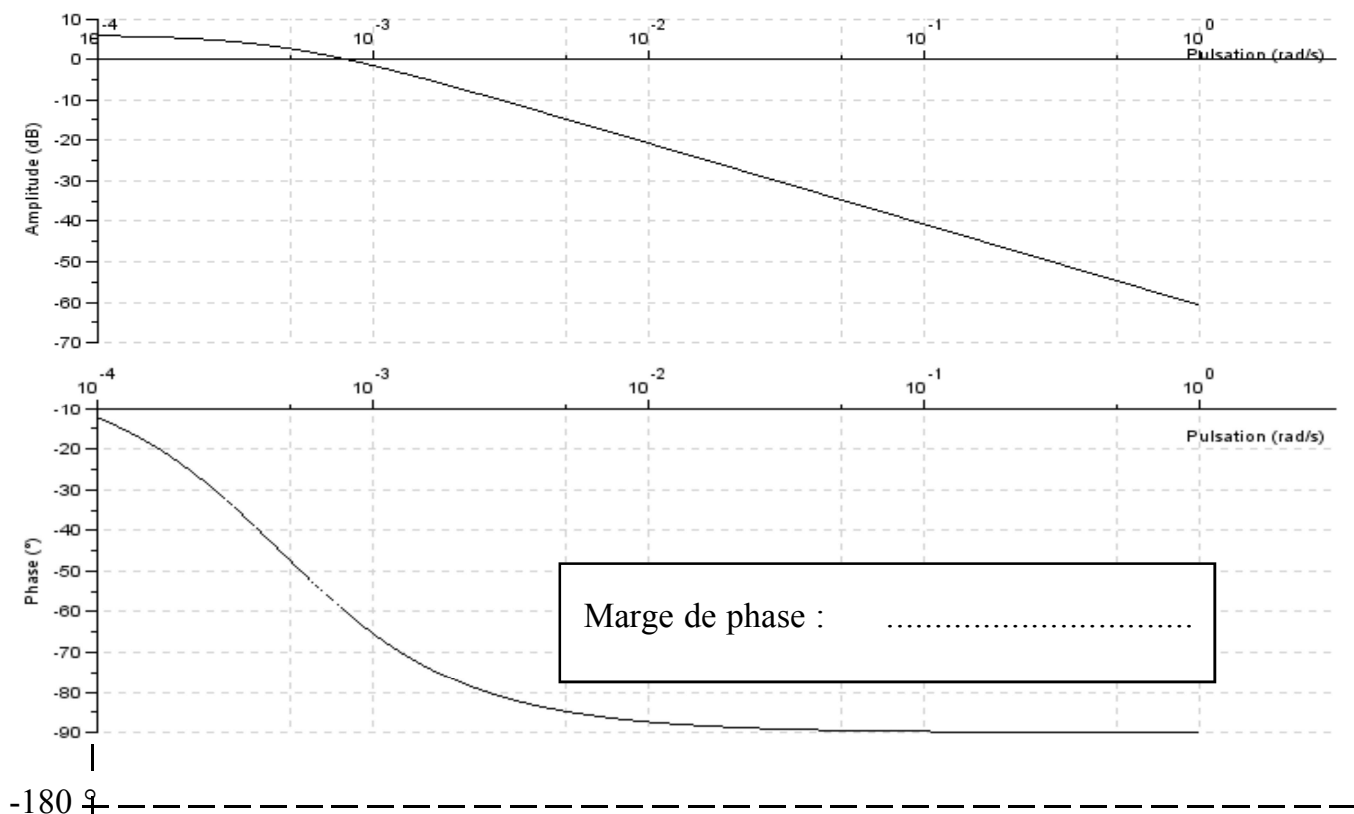
- Système réel :

$\epsilon_s = \dots\dots\dots$

- Simulation :

$\epsilon_s = \dots\dots\dots$

Figure 7 : Evaluation de la stabilité dans le diagramme de Bode



Recherche des performances

Figure 7: Evaluation de la stabilité dans le diagramme de Bode (suite)

Conclusion sur la stabilité du système en boucle fermée :

.....

.....

.....

Figure 8: Analyse des écarts de performances

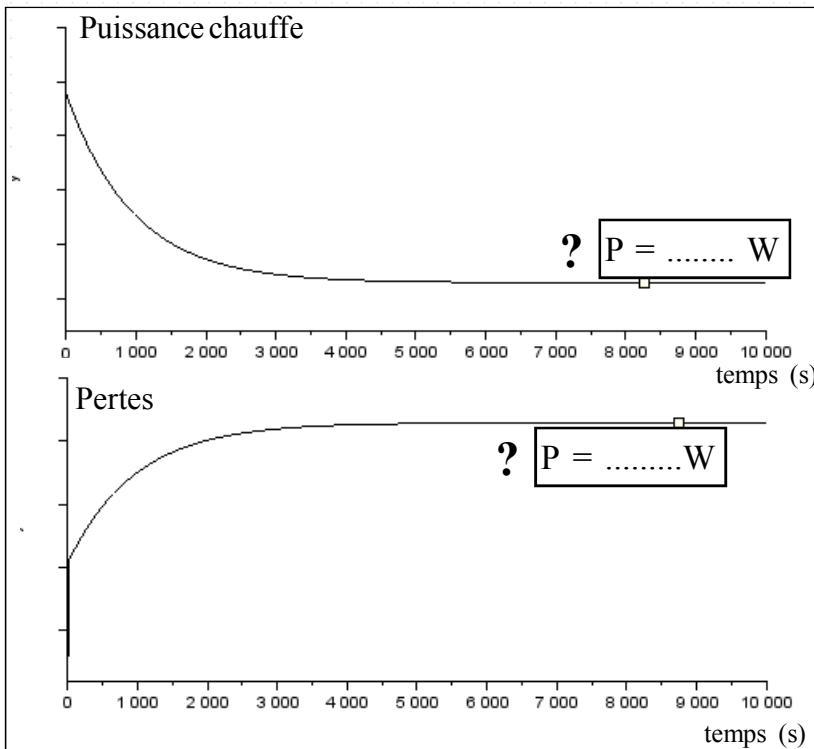
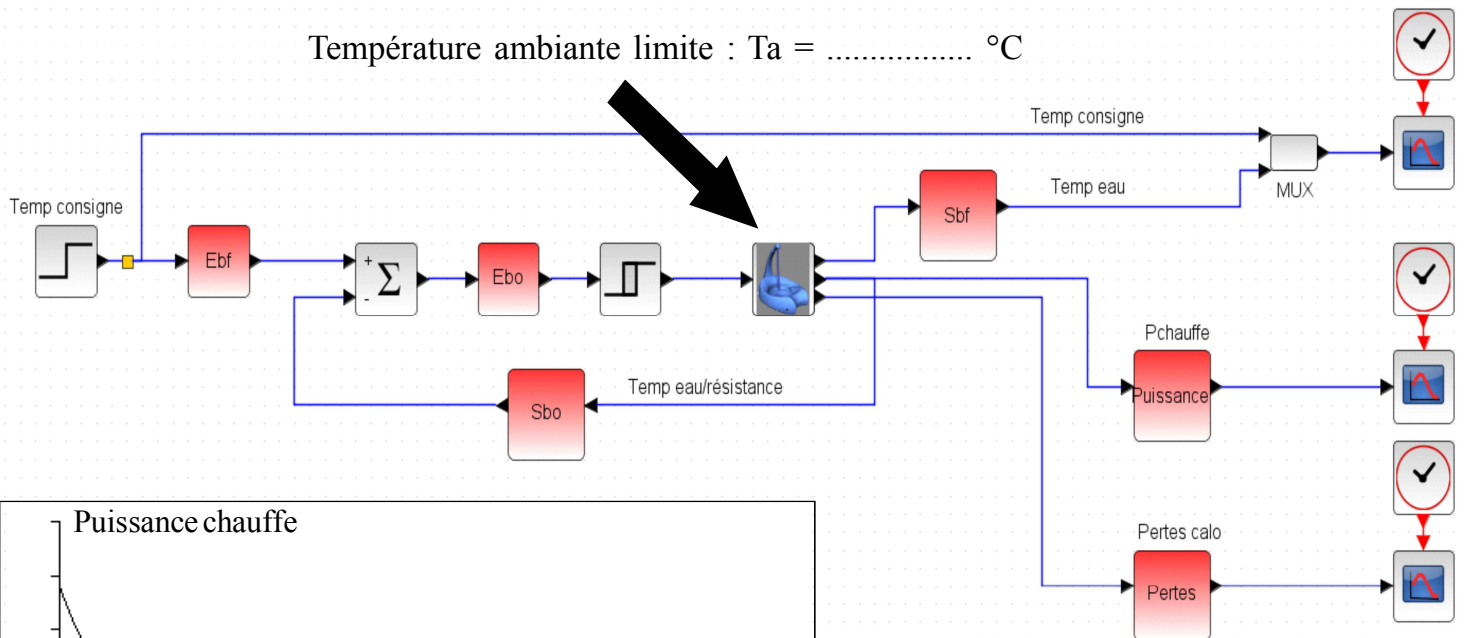
.....

.....

Température limite

Figure 9: Recherche de la température limite

$T_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$



Conclusion :

.....

.....

.....

.....

.....

.....