

## PRESENTATION GENERALE

### Problématique

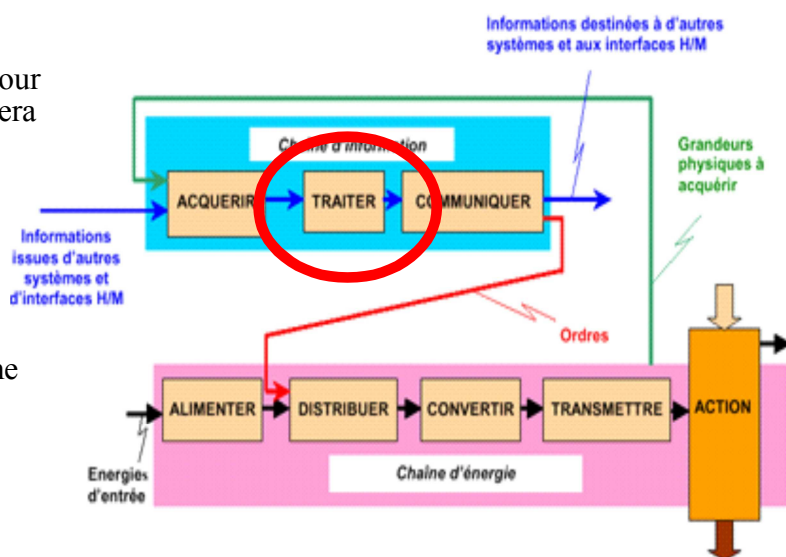
On propose dans ce TP de rechercher un **modèle** pour le système Shirodhara à partir d'essais. Ce modèle sera ensuite exploité pour :

- prévoir le comportement du système réel,
- évaluer l'écart entre les performances mesurées et les performances simulées afin d'affiner le modèle.

L'objectif final étant de réduire l'écart entre le système réel et le cahier des charges

### 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 :

- Systèmes asservis.
- Ordre d'un système

### Capacités :

- différencier un système asservi d'un système non asservi.
- identifier les paramètres à partir d'une réponse indicielle
- associer un modèle de comportement (1er et 2ème ordre) à une réponse indicielle.

**Pré-requis :** notions sur les systèmes asservis

## DONNEES TECHNIQUES

- Ordinateur disposant de l'Environnement Multimédia Pédagogique du Shirodhara.
- Logiciel d'acquisition et de pilotage du Shirodhara.
- Système Shirodhara.
- Logiciel Géogébra.
- Durée : 2 heures.

## 1 MISE EN SITUATION.

Nous avons vu que l'eau doit être chauffée afin d'être sensiblement à la température du corps lorsqu'elle tombe sur le front de l'utilisateur. Le cahier des charges du système Shirodhara mentionne que l'eau en circulation doit être tempérée. Afin d'obtenir une température de l'eau conforme au souhait de l'utilisateur, il est nécessaire de réguler la température à une valeur aussi proche que possible de la consigne.

- 1.1 Cette régulation nécessite une boucle de retour de l'information "température de l'eau".  
**Surigner** cette boucle sur les schémas proposés figures 1 et 2.

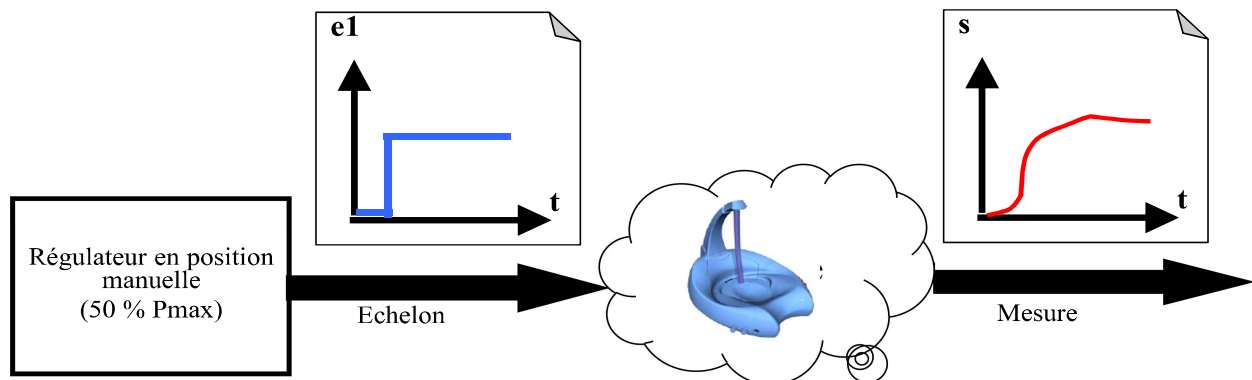
## 2 RECHERCHE D'UN MODELE POUR LA BOUCLE DE REGULATION EN TEMPERATURE DU SYSTEME SHIRODHARA.

L'objectif est de trouver un modèle, juste ou approché (qui sera affiné), du système physique à asservir. Un modèle est une structure mathématique pouvant représenter le système étudié. Ce modèle aura plusieurs intérêts :

- déterminer la dérive éventuelle de la grandeur de sortie,
- analyser le comportement du système pour différentes perturbations,
- faire évoluer le système dans des zones qui ne sont pas observables,
- apporter des corrections à la commande pour obtenir du système à la fois les performances voulues par l'utilisateur et une immunité accrue aux perturbations,
- .....

Pour obtenir ce modèle, deux méthodes :

- l'une théorique qui consiste à utiliser les lois de la physique,
- l'autre expérimentale par des essais en boucle ouverte. Deux solutions possibles par l'identification de la réponse du système à différentes sollicitations en entrée. :
  - échelon (on parle d'étude indicielle) : transition brutale entre la valeur initiale et une autre valeur stable comme le montre le schéma ci-dessous :



- signal sinusoïdal (on parle d'étude harmonique ou fréquentielle).

L'étude indicielle est utilisée la plupart du temps. Certes, la précision obtenue sur le modèle est moindre comparativement à l'étude fréquentielle, mais elle est obtenue beaucoup plus rapidement cela d'autant plus si les procédés sont plutôt lents et en perturbant le moins possible sa bonne marche. Par ailleurs, il est souvent difficile voire impossible de générer des sinusoïdes en entrée de procédés.

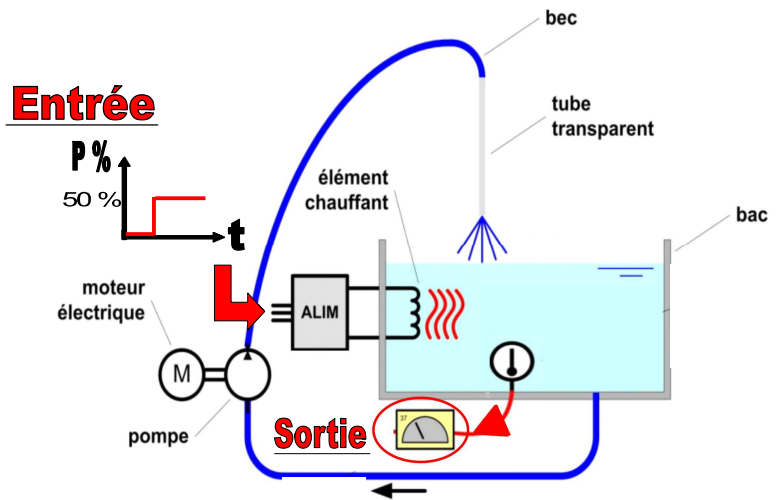
Nous utiliserons la première méthode. L'analyse de l'allure de la réponse en sortie, nous permettra de définir un modèle par identification avec des réponses connues.

- 2.1 La méthode expérimentale retenue pour les essais nécessite que le système soit en **boucle ouverte**, **indiquer** figure 3, la signification de cette information.

- 2.2 Comme le montre le schéma ci-contre, nous avons envoyé un échelon à l'entrée du système en boucle ouverte et relevé la température en sortie jusqu'à stabilisation.


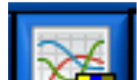
Pour gagner du temps le premier relevé est proposé figure 4.

**Vérifier**, en comparant le schéma de mesure ci-contre et le synoptique proposé feuille réponse figure 2, que les essais ont effectivement été réalisés en boucle ouverte.

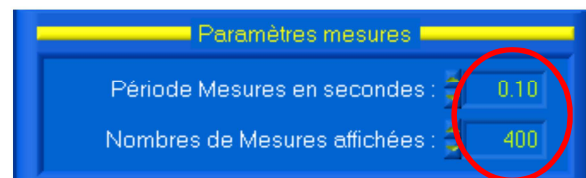
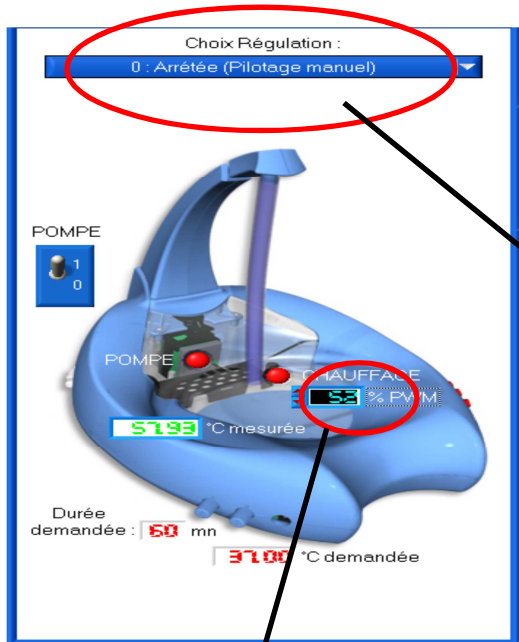


- 2.3 **Comparer** la réponse indicielle du système Shirodhara (figure 4) avec les réponses proposées figure 5. **Encercler** le modèle le plus proche de la réponse obtenue.
- 2.4 On souhaite, afin d'affiner le modèle, faire un "zoom" sur la courbe entre 0 et 400 s. Cela permettra en particulier de **déterminer** le retard  $t_0$  entre le début de l'échelon et le "décollage" du signal de sortie.

Pour cela

- **Relier** le port série de l'ordinateur à l'aide du câble fourni.
- **Lancer** le programme d'acquisition en cliquant sur l'icône : 
- **Etablir** la communication.
- **Choisir** le pilotage manuel loi n° 0.
- **Mettre** la pompe en route.
- **Paramétrer** les mesures, icône 

puis **choisir** "paramétrer affichage et visualisation mesures" et saisir les paramètres ci-dessous :



- **Effectuer** une acquisition de la grandeur de sortie et provoquer un échelon de 52 % sur la commande de la puissance.
- **Noter**, sur la feuille réponse figure 6, la valeur du retard  $t_0$ .

### 3 IDENTIFICATION DES PARAMETRES DU MODELE

La détermination des paramètres du modèle se fait à partir de la seule observation de la sortie. Différentes méthodes existent, elles s'appuient sur l'analyse graphique des courbes expérimentales en quelques points particuliers.

Nous avons identifié un modèle à la question précédente, il s'agit d'une réponse indicielle du 1er ordre avec retard, il correspond à l'équation ci-dessous :

$$s(t) = Ke_1 \left( 1 - e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} \right) + s_0$$

avec  $e_1$  : échelon en entrée



#### 3.1 Lancer le logiciel GeoGebra

**Charger** la réponse en boucle ouverte du système Shirodhara (fichier "SHIRO 02").

**Rechercher** à l'aide du logiciel Géogébra les paramètres :  $Ke_1$ ,  $\tau$ ,  $s_0$  et  $t_0$  en utilisant la méthode proposée ci-dessous.

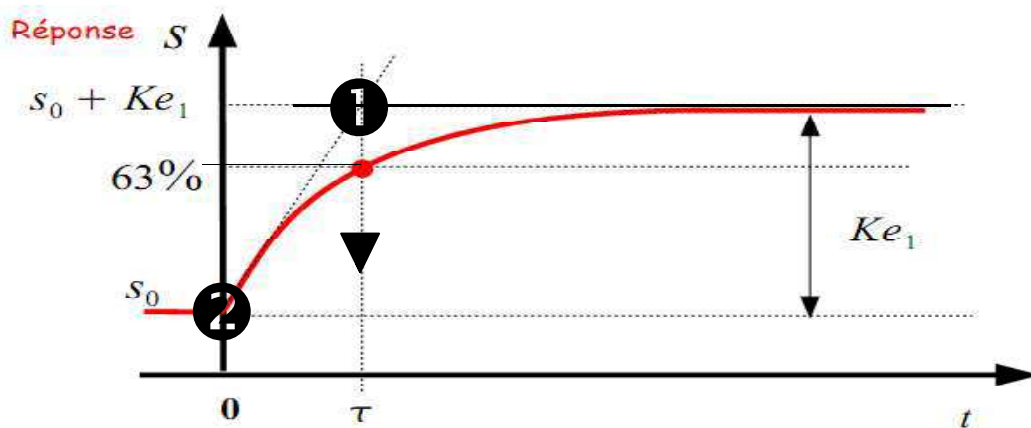
Reportez votre construction et vos résultats figure 7.

- $K$  : représente le gain statique du système,
- $\tau$  : représente la constante de temps,
- $t_0$  : représente le retard.
- $s_0$  : grandeur de sortie pour  $t=0$

#### Méthode

Positionner les points 1 et 2 et en déduire les valeurs de  $Ke_1$ ,  $\tau$  et  $s_0$ .

Le retard  $t_0$  a été obtenu en 2.4 (voir figure 6).





**Répondre sur la feuille réponse page 4/4**

- 4.1 Nous allons valider notre modèle, à l'aide du logiciel Géogébra, en comparant la réponse du modèle avec celle du système Shirodhara.

**Saisir** en bas de l'écran du logiciel Géogébra l'équation représentative de la réponse indicielle avec les paramètres  $Ke_1$ ,  $\tau$ ,  $s_0$  et  $t_0$  déterminés précédemment.

**Comparer** la courbe issu du modèle et la réponse indicielle du système Shirodhara.

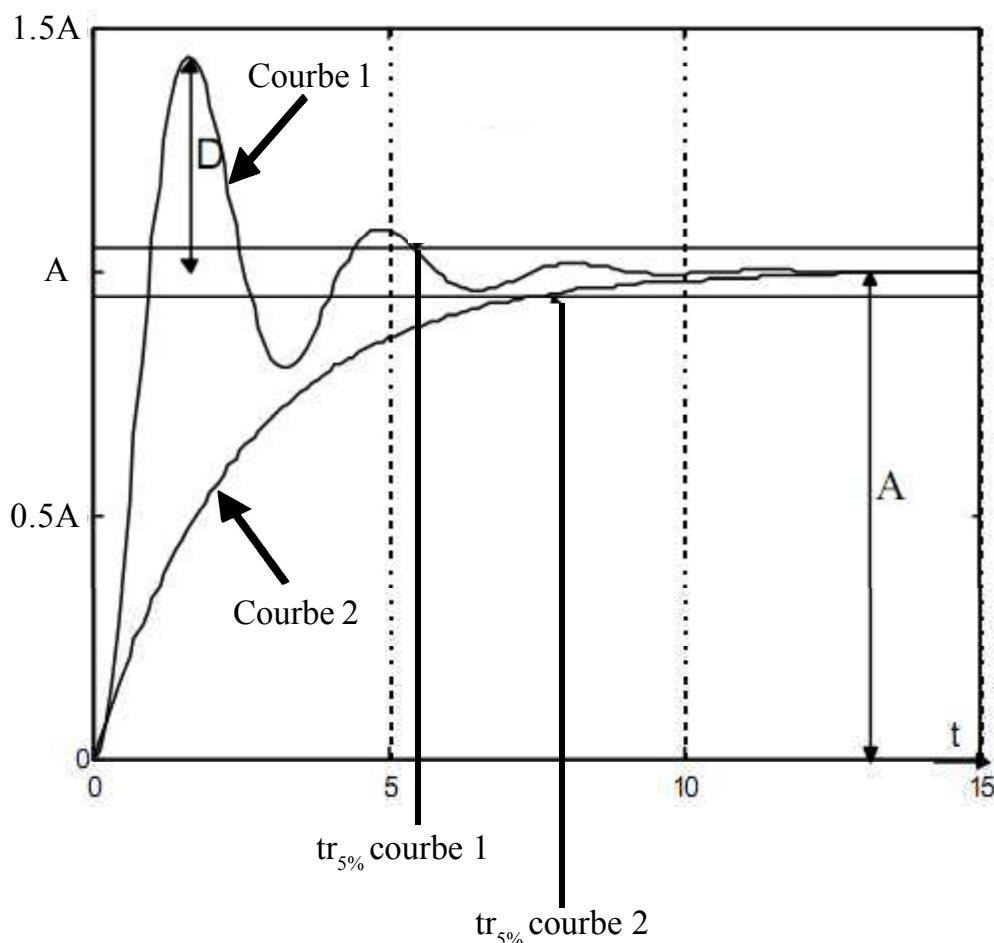
- 4.2 **Compléter** la figure 8 avec les grandeurs :  $Ke_1$ ,  $\tau$ ,  $s_0$  et  $t_0$ .
- 4.3 Afin d'aller plus loin dans la validation du modèle, pour le paramètre "rapidité" (temps de réponse <sup>(1)</sup> à 5%), nous allons mesurer l'écart pour une réponse indicielle entre le système réel et le système simulé.

**Tracer** une droite horizontale correspondant à la sortie stabilisée - 5% , en déduire les temps de réponse à 5 % pour chacune des courbes (expérimentale et modèle) , **reporter** votre construction et vos valeurs figure 8.

(1) Temps de réponse à 5%

On définit le temps d'établissement à 5% ou temps de réponse à 5% ( $tr_{5\%}$ ), le temps pour lequel le signal de sortie reste dans le couloir matérialisé par les droites d'ordonnées  $0.95A$  et  $1.05A$ .

A étant l'amplitude du signal de sortie quand il s'est stabilisé. On définit aussi le dépassement D, exprimé en % de l'amplitude A, quand il existe.





### Mise en situation (Boucle de régulation en température)

Figure 1 : Organisation fonctionnelle interne

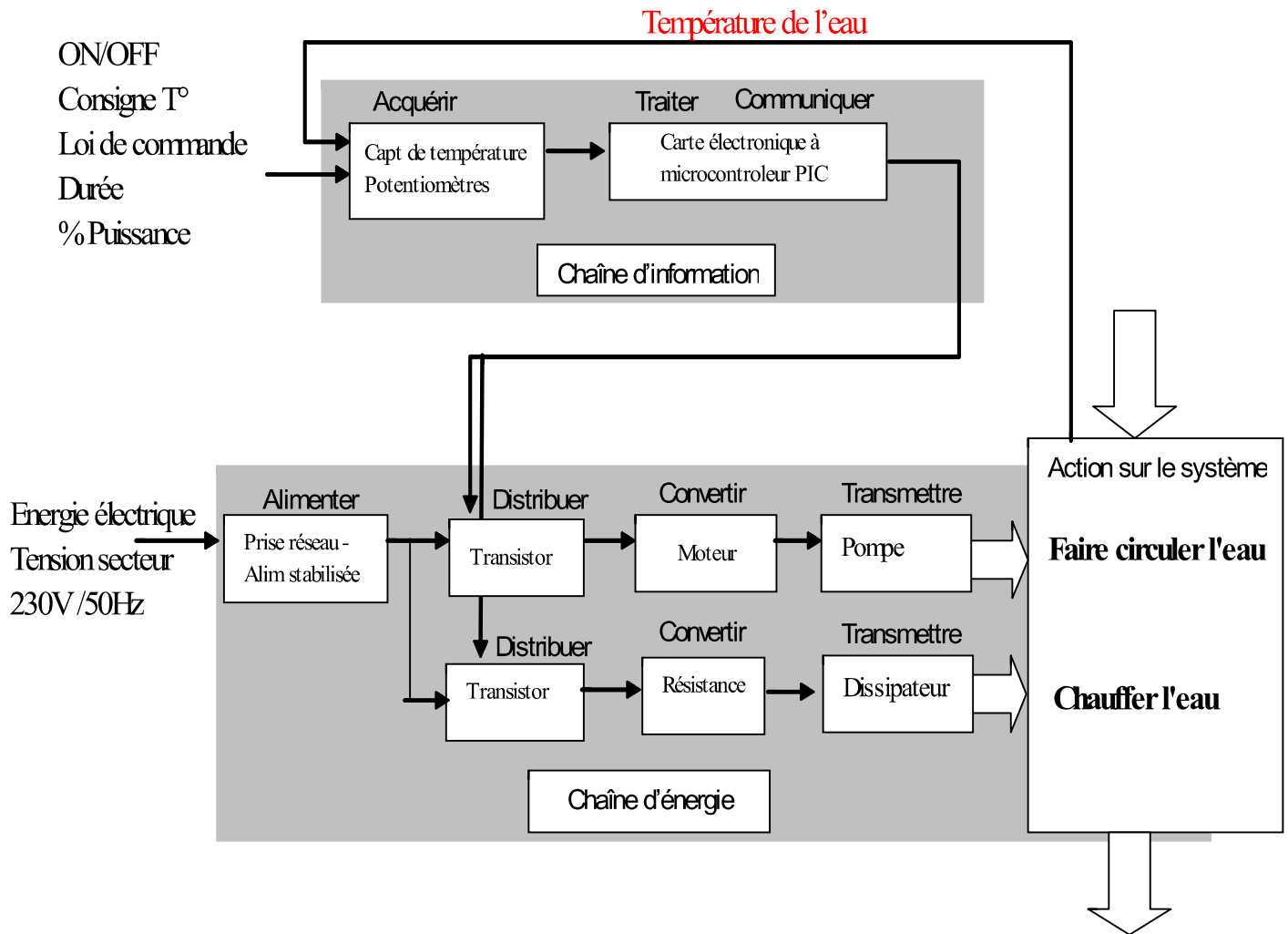


Figure 2 : Synoptique Shirodhara

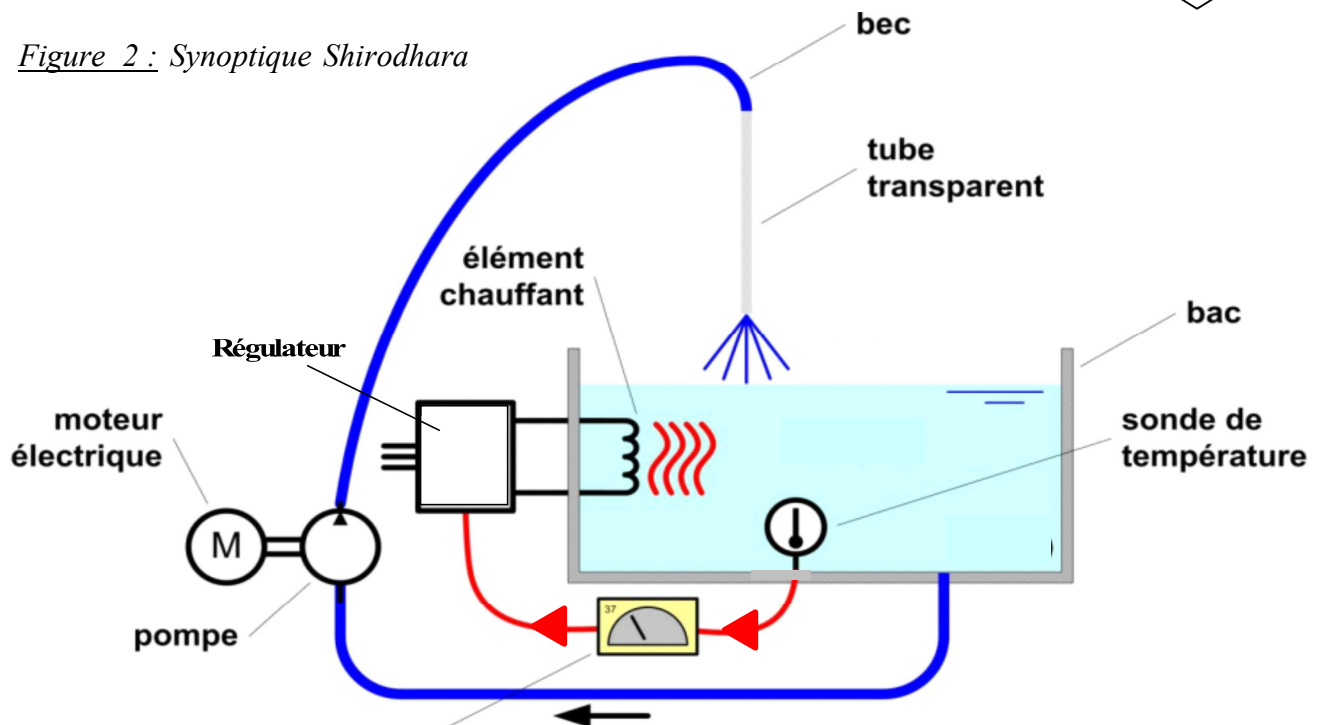


Figure 3 : Boucle ouverte

Figure 4 : Réponse indicielle du système Shirodhara

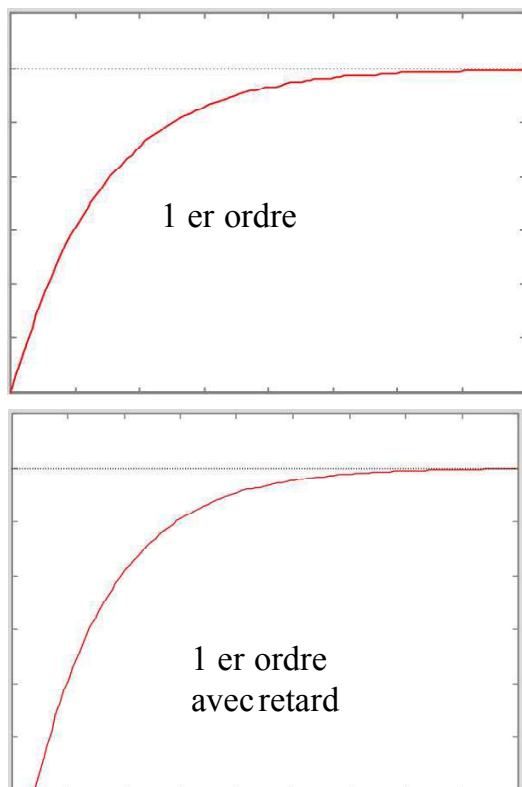
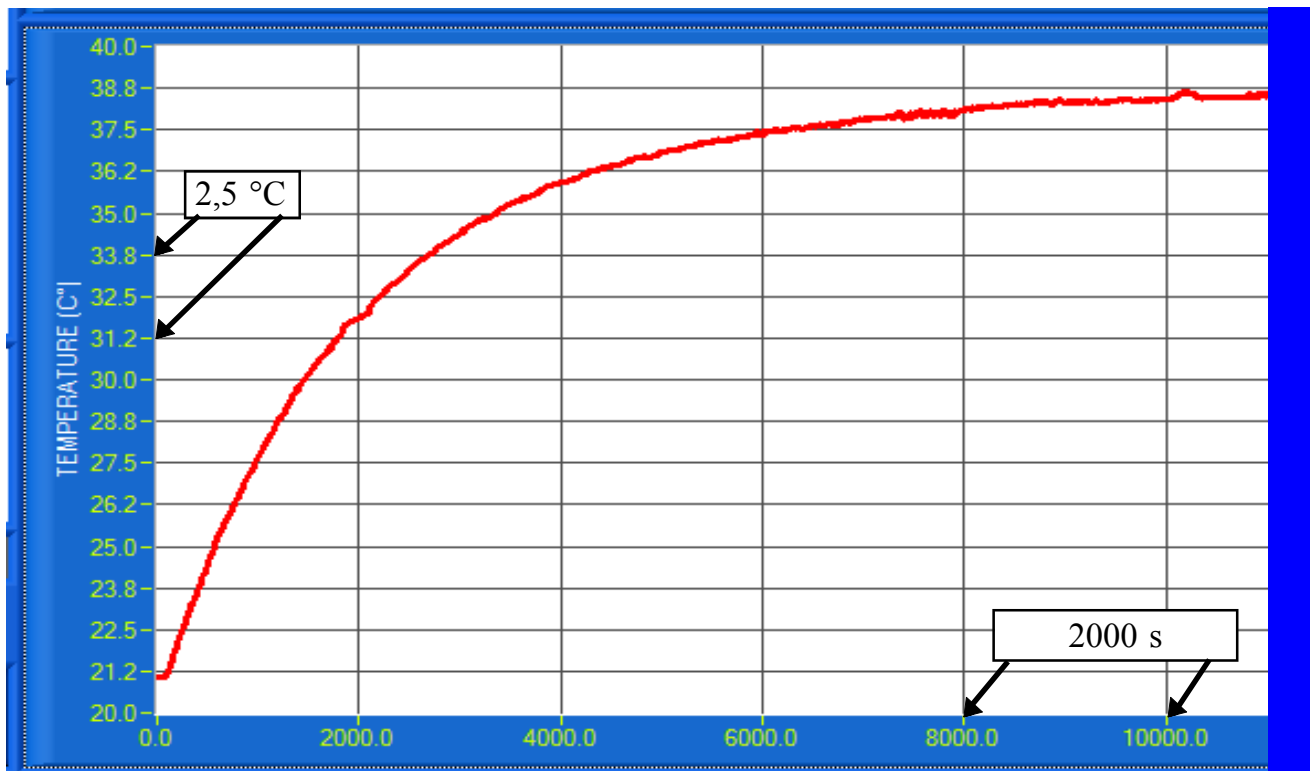
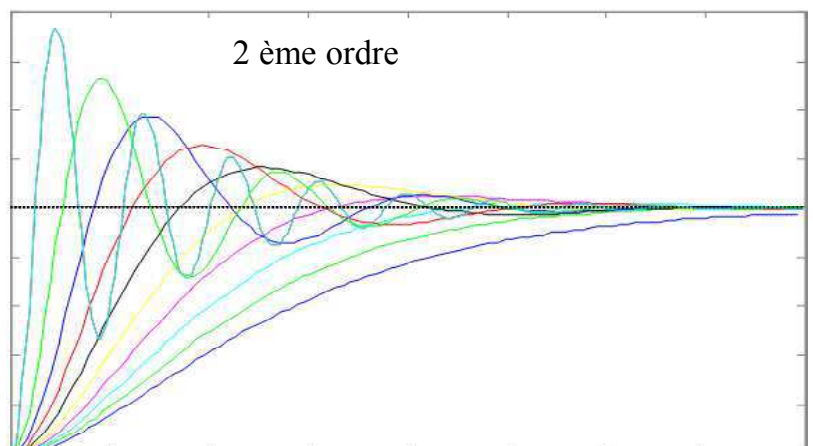


Figure 5 : Réponses indicielles des systèmes du 1er et 2ème ordre



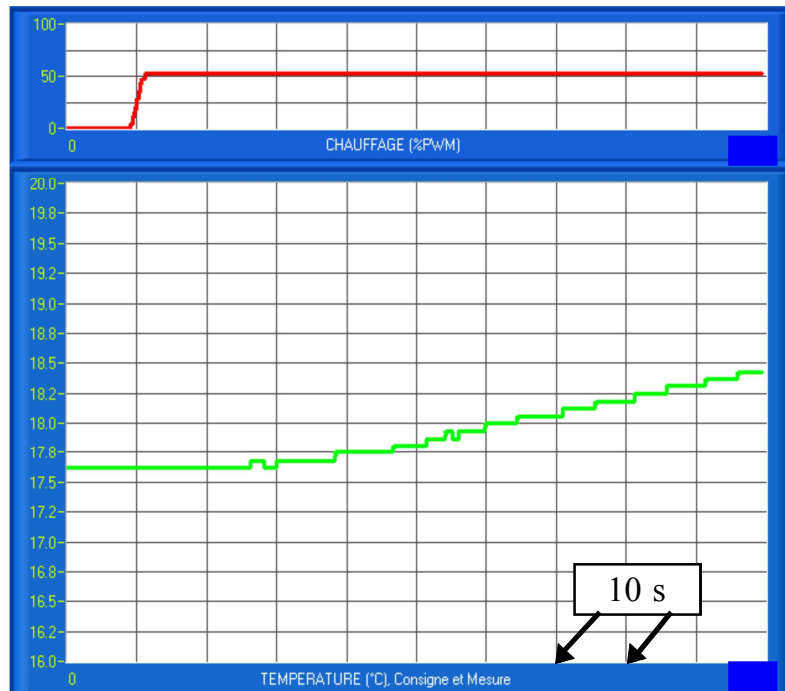


# Identification des paramètres du modèle

Figure 6 :

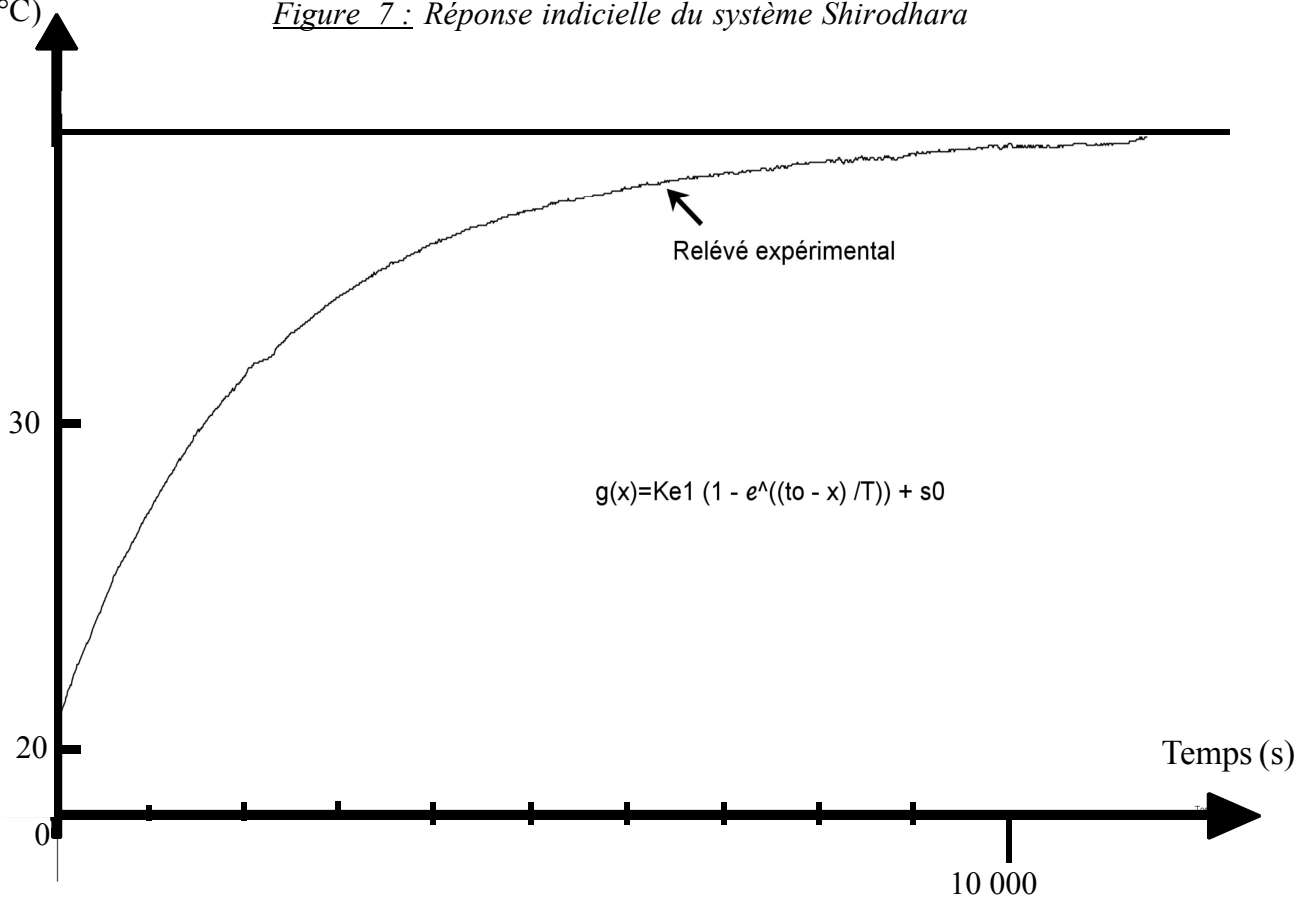
Mesure du retard  $t_0$

$$t_0 = \dots\dots\dots$$



Température  
(°C)

Figure 7 : Réponse indicielle du système Shirodhara



Paramètres du modèle :

$$s(t) = Ke_1 \left( 1 - e^{\left( \frac{-(t-t_0)}{\tau} \right)} \right) + s_0$$

Gain statique du système :

Constante de temps :

Retard :

Grandeur de sortie pour  $t=0$  :

$Ke_1$  = .....

$\tau$  = .....

$t_0$  = .....

$s_0$  = .....



Figure 8 : Réponses indicielles du système Shirodhara

