

REGULATION

1. Rappel

On différencie l'asservissement qui est une réponse au changement de consigne de la régulation qui est une réponse à une perturbation.

2. Analyse d'un procédé

Différencier le comportement des systèmes par leur réponse à un échelon de commande.

Déterminer les paramètres intrinsèques des procédés :

- . pour un système stable : le gain statique, la constante de temps, le temps mort,**
- . pour un système instable ou intégrateur : le gain dynamique et le temps mort.**

Pour pouvoir réaliser la régulation d'un procédé il faut connaître le procédé et le modéliser. Pour cela il faut l'analyser c'est-à-dire déterminer les paramètres intrinsèques des procédés. A partir de ces paramètres il sera possible de déterminer le choix des correcteurs.

L'analyse se fait en boucle ouverte : Soit le procédé est naturellement stable, soit il est naturellement instable.

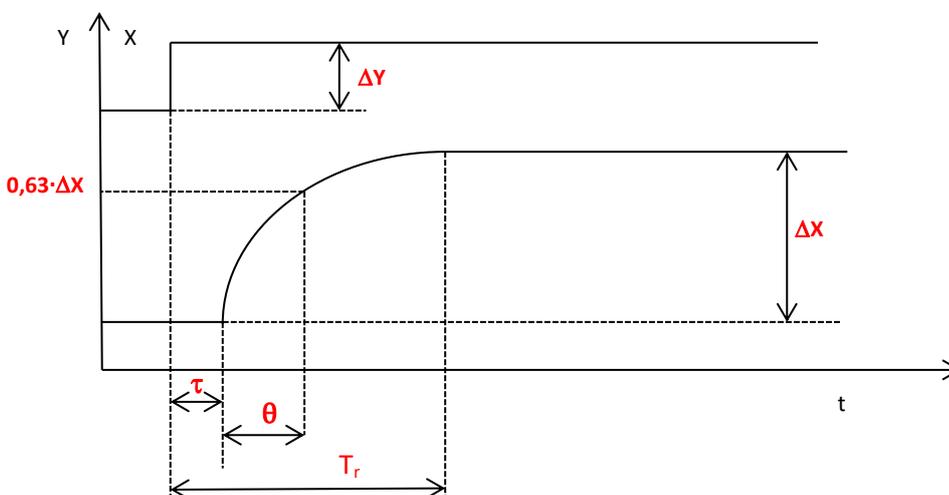
- Mode opératoire :

Le régulateur doit être placé en mode manuel.

On règle la grandeur réglante à une certaine valeur (ici pourcentage de la puissance), on attend la stabilisation, puis on impulse un échelon de commande et on regarde l'évolution dans le temps.

a. Etude des procédés naturellement stables

- On étudie la réponse



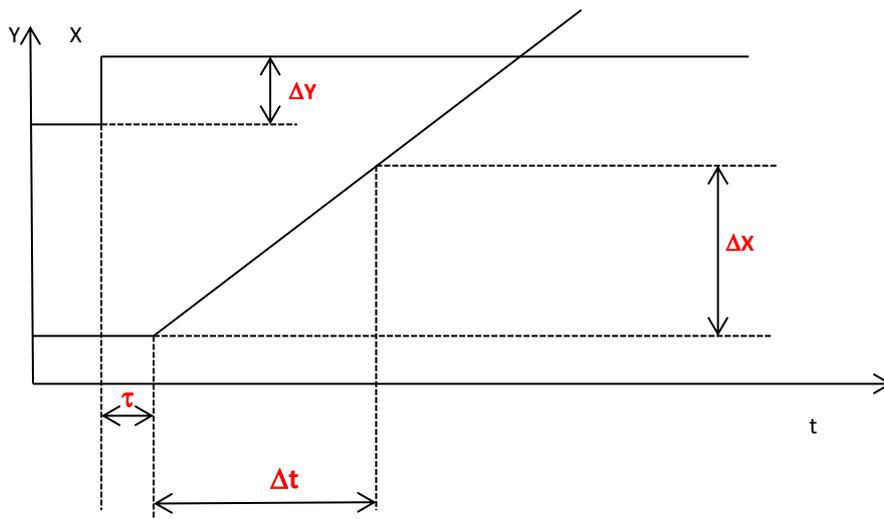
Gain statique : $G_s = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$

Constante de temps (θ) : c'est le temps qui s'écoule entre le moment où la perturbation apparaît sur la grandeur de sortie et le moment où cette grandeur a accompli les 63,2% de l'amplitude totale de sa variation.

Temps mort (τ) (ou retard) : c'est le décalage dans le temps entre le moment où l'échelon est produit sur la grandeur d'entrée et le moment où l'on voit apparaître la perturbation sur la grandeur de sortie. Il mesure l'inertie du procédé.

Temps de réponse (T_r) : temps mis pour obtenir la stabilisation de la mesure.

b. Etude des procédés naturellement instables



On peut déduire de cette courbe le temps mort (τ) et le gain dynamique (K) qui correspondra à la constante d'intégration du correcteur intégrale K_i .

$$\text{Gain dynamique } K = \frac{\Delta X}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta Y}$$

Remarque le gain dynamique (qui correspond coefficient d'intégration lors de la régulation) représente la rapidité de la dérive de la mesure par rapport à l'échelon sur la correction qui a été produit.

c. Choix des correcteurs

Les correcteurs sont les éléments d'une régulation ou d'un asservissement qui permettent d'atteindre l'objectif (la consigne). Ils sont 4 : Tout ou rien (T.O.R.), proportionnel (P), intégral (I) et dérivé (D). Les deux derniers s'ajoutent au précédent.

Avec la détermination du temps mort et de la constante de temps ou du gain dynamique on peut déterminer la loi de commande à utiliser.

Procédé naturellement stable			Procédé naturellement instable		
θ/τ max	θ/τ min	Loi de commande	$K \cdot \tau$ max	$K \cdot \tau$ min	Loi de commande
	>20	T.O.R.		>0,5	Boucle fermée insuffisante
20	10	P	0,2	0,5	PID
10	5	PI	0,1	0,2	PI
5	2	PID	0,05	0,1	P
<2		Boucle fermée insuffisante	<0,05		T.O.R.

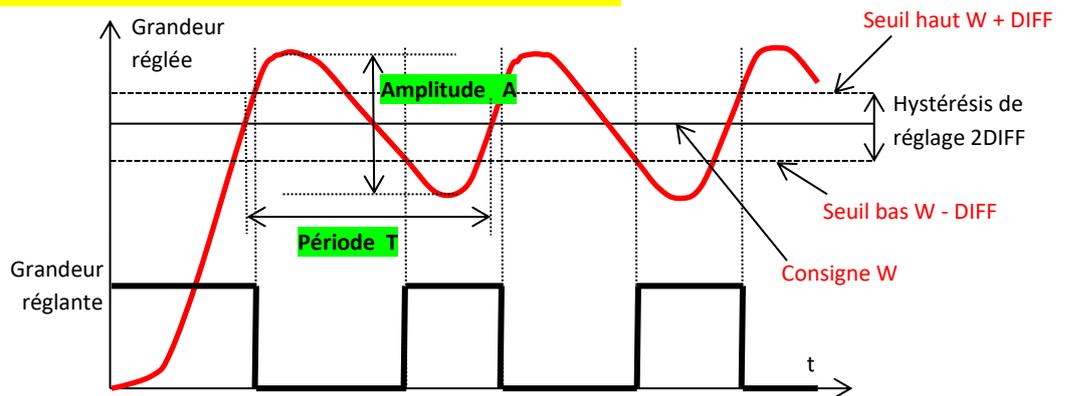
Le correcteur va, en fonction de l'Ecart (consigne – mesure), appliquer à la sortie du régulateur une valeur. Cette valeur va être prise en compte par l'actionneur pour agir (par exemple elle correspond à un certain pourcentage de la puissance de la résistance chauffante (actionneur)). Les valeurs extrêmes sont 0% et 100%.

3. Régulation Tout Ou Rien (T.O.R.)

Tracer et exploiter l'évolution des grandeurs à partir d'une consigne fixe pour les régulations TOR à un seuil et à deux seuils de basculement.

Représentation des grandeurs réglante et réglée d'une régulation T.O.R.

Savoir déterminer W, W+DIFF et W-DIFF à partir des courbes ci-contre X(t), Y(t) et Y(X) ci-dessous.

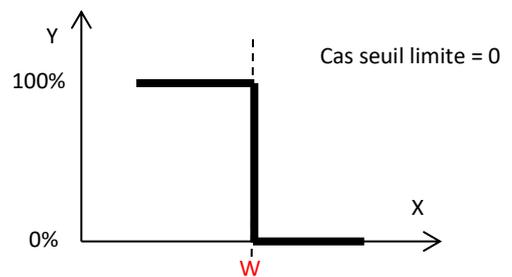
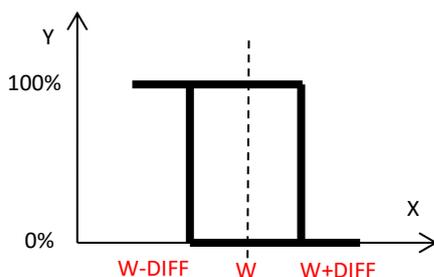


• Présentation :

Le fonctionnement TOR se caractérise par deux états possibles pour la commande. Celui qui correspond à la commande maximale (100 %) et celui qui correspond à la commande minimale (0 %). En général on règle un seuil limite ($DIFF = \frac{\text{seuil haut} - \text{seuil bas}}{2}$) différent de 0 (fig.1), afin de ne pas avoir une fréquence de commutation du système trop grande, ceci pour éviter une fatigue prématurée des organes de réglages.

Le réglage du régulateur se fait à l'aide de deux paramètres :

- La consigne W, fournie en unité de mesure ;
- Le seuil DIFF, donné généralement en pourcentage de la consigne.



• Fonctionnement :

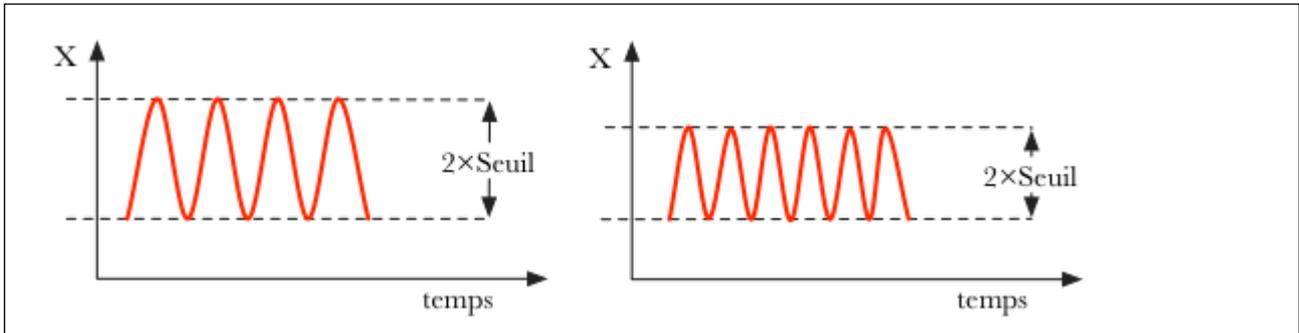
La grandeur réglée oscille autour du point de fonctionnement. À chaque dépassement des seuils de commutation, la sortie du régulateur change d'état. Compte tenu de l'inertie du système, la valeur absolue de l'erreur ϵ peut dépasser le seuil DIFF.

Remarque : La mesure ne peut pas être constante dans ce type de régulation, le système est en régime d'instabilité entretenue.

- **Influence du paramètre de seuil**

La valeur du seuil influe sur la fréquence des permutations et l'amplitude de la variation de la grandeur mesurée. **Plus le seuil est faible, plus la fréquence est élevée, moins l'amplitude est grande.**

Une augmentation de la fréquence réduit d'autant la durée de vie de l'organe de réglage.

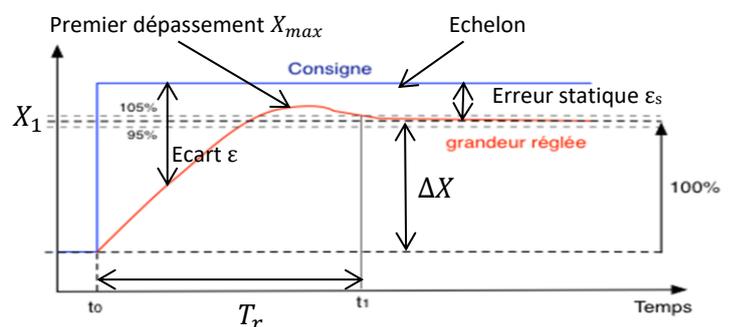


4. Régulation à action continue

a. Détermination des paramètres

Mesurer les critères de performance en boucle fermée, autour d'un point de fonctionnement, suite à un échelon de consigne : l'écart statique, le temps de réponse à 5 %, la valeur du 1er dépassement.

Tracer $Y(t)$ et $X(t)$ sur le même graphe et déterminer les 3 critères : écart statique (ε_s), temps de réponse à 5% (T_r), valeur du premier dépassement (d), voir §3 du cours Tpc5-0b crs 2.



b. Critère de performance des boucles d'asservissement et de régulation

En asservissement et en régulation, pour un échelon de consigne ou de la perturbation :

- Mettre en évidence expérimentalement l'influence du gain sur l'écart statique, le temps de réponse à 5 % et le dépassement pour une correction proportionnelle.

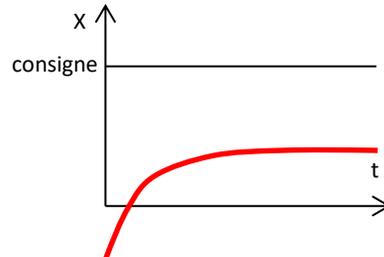
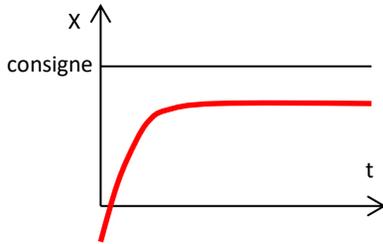
- Mettre en évidence expérimentalement l'influence d'une correction intégrale sur l'écart statique, le temps de réponse à 5 % et le dépassement.

Comparer l'intérêt relatif d'une régulation à action discontinue et d'une régulation à action continue (avec correcteur PID) dans un contexte donné.

- **Définition des critères**

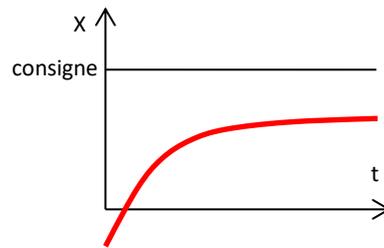
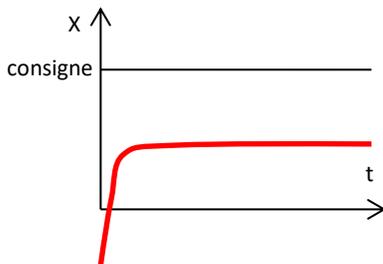
Les performances d'un système avec boucle fermé (régulation) qui nous intéresse cette année sont la précision, la rapidité et l'amortissement (la stabilité).

Précision :



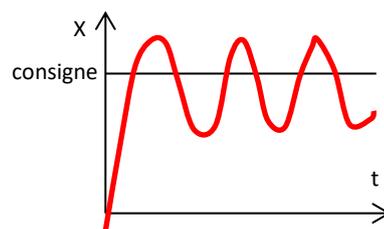
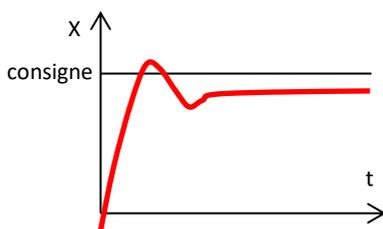
Une régulation est précise si l'écart avec la consigne (l'écart statique ϵ_s) est faible.

Rapidité :



Une régulation est rapide si son temps de réponse à 5% (T_r) est faible.

Amortissement



Une régulation est stable ou donne une caractéristique dynamique amortie si pour une consigne constante, la grandeur régulée tend vers une valeur constante. Sinon elle est instable. On considère le signal amorti s'il reste dans la zone des $\pm 5\%$.

- **Influence des différentes corrections**

Correcteur tout ou rien (T.O.R.)

L'amortissement n'est jamais obtenu on est en régime d'instabilité entretenu.

Influence des autres correcteurs :

Type de correction	Précision	Rapidité	Stabilité (amortissement)
Quand le coefficient proportionnel K_p (X_p) augmente	diminue	diminue	augmente
Quand le gain intégral T_i augmente	parfaite	diminue	augmente
Quand le gain dérivé T_d augmente	Ne bouge pas	augmente	augmente

Remarques :

Attention si les paramètres augmentent trop leurs effets bénéfiques décroissent

La dérivée présente l'avantage de bien résister aux perturbations contrairement à l'intégrale seule.

Les correcteurs s'ajoutent les uns aux autres : on améliore le proportionnel (P) en ajoutant un intégrale (PI), puis on les améliore en ajoutant un dérivé (PID).