

Chapitre 1 : Introduction à la régulation industrielle

1. Procédé industriel :

Un procédé industriel est un procédé de nature mécanique ou chimique destiné à produire des objets ou à synthétiser des produits chimiques, en grande quantité et dans des conditions techniquement et économiquement acceptables.

Exemple :

- Un four de torréfaction de café (Température fixe sur une période précise).
- Un mélangeur de deux produits chimiques (des quantités précises).
- Niveau d'un produit dans un bac (un niveau précis tout le temps).
- Autres exemples.

2. Régulation et Asservissement :

Bien que les outils et méthodes soient communs aux régulations et aux asservissements il est préférable de définir ces termes :

- *Régulation* : une grandeur physique doit être maintenue à un niveau constant en dépit de la présence de perturbations.
- *Asservissement* : une grandeur physique doit suivre une évolution temporelle imposée par l'utilisateur du système.

L'objectif global de la régulation peut se résumer par ces trois mots clefs :

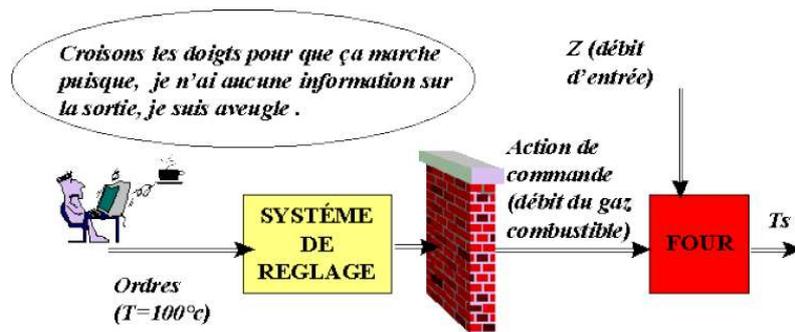
- mesurer ;
- comparer ;
- corriger.

3. Systèmes en boucle ouverte et en boucle fermée :

Exemple de réglage de température d'un four.

3.1. Système en boucle ouverte :

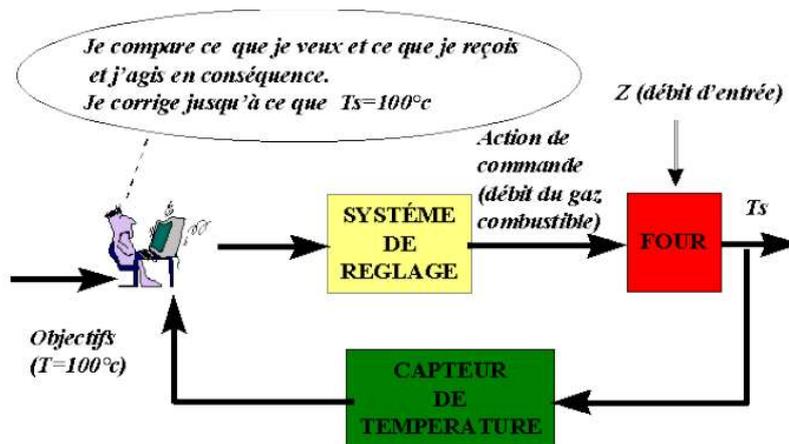
Le réglage de la température du four est assuré par une personne extérieure à la salle où se trouve le four, cette personne n'a donc aucune information sur la température réelle du four.



- *Avantages et inconvénients* : Système aveugle, pas de correction (pas de rejection de bruit) mais rapide et stable.

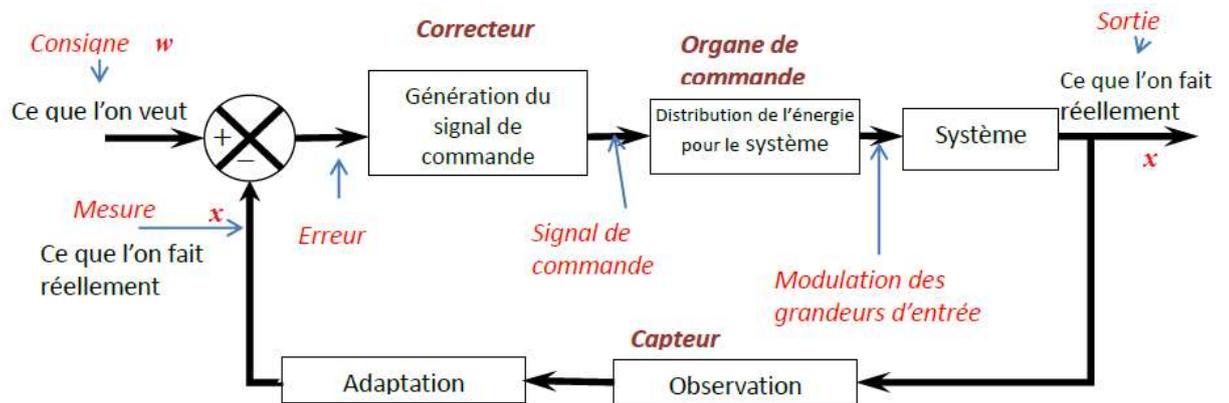
3.2. Système en boucle fermée :

Le réglage de la température du four s'effectue en agissant sur un organe de réglage (la vanne) en fonction de l'écart entre la valeur désirée et la valeur réelle.



- *Avantages et inconvénients* : Système précis, pas rapide et peut être instable.

4. Organisation d'un système régulé:



- 4.1. Schéma fonctionnel : C'est une représentation graphique abrégée des entités entrée et sortie d'un système physique.
- 4.2. Système : C'est un dispositif isolé soumis à des lois bien définies. Chaque système peut avoir un ou plusieurs entrées et un ou plusieurs sorties. En utilisant ces entrées on peut exercer une influence sur ce système (sur ses sorties).
- 4.3. La consigne : c'est ce que je veux, ce que je désire obtenir, exemple je veux 20 degrés centigrades dans mon salon.
- 4.4. La grandeur réglante : c'est la grandeur qui va agir sur le processus (ex : radiateur) pour permettre dans notre exemple de modifier la température.
- 4.5. La grandeur réglée : c'est ce que j'ai réellement, exemple j'ai 18 degrés centigrades dans ma pièce alors que j'en veux 20.
- 4.6. Les perturbations: ce sont des phénomènes qui peuvent modifier la bonne stabilité d'une boucle de régulation (ex : ouverture d'une fenêtre dans le cas d'une régulation de température d'un local domestique).
- 4.7. Le comparateur: Compare en permanence la consigne (w) et la grandeur réglée (x) et donne le résultat de cette comparaison au régulateur.
- 4.8. l'erreur ε : C'est la somme algébrique des signaux d'entrées et de sorties.

5. Capteurs et signaux de communication dans une BR :

5.1. Capteurs:

Un capteur est constitué de deux parties principales :

5.1.1 Le corps d'épreuve :

Qui se trouve en contact avec la grandeur physique à mesurer.

Exemples : La sonde qui se trouve plongée dans le milieu dont on mesure la température et dont la résistance varie quand la température varie.

5.1.2 Le transmetteur :

Est chargé de mettre en forme normalisée le signal de sortie et transmettre l'information. Ce transmetteur est aussi appelé conditionneur.

Exemples : Pour la mesure de température, le transmetteur mesure la résistance de la sonde et lui affecte la température correspondante puis transforme cette valeur en pourcentage et enfin génère le signal de transmission.



Capteur de Température

5.2. Nature des signaux transmis :

Les signaux de transmission sont soit électrique (Courant ou Tension) soit pneumatique (pressions d'air dans des tubes).

5.2.1. Signal électrique:

a- Intensité électrique :

Les signaux de communication sont en général un courant continu variant de 4 à 20 mA.

La valeur basse est fixée à 4 mA et non pas à 0 mA pour diagnostiquer les pannes de la mesure et la valeur minimale de l'étendue d'échelle du capteur.

b- Tension électrique :

L'information avec ce type de signal est transmise de la même façon que l'intensité électrique mais avec une tension normalisée qui varie de 2.5 à 5 V ou 5 à 10 V.

5.2.2. Signal pneumatique – Pression:

L'information avec ce type de signal est transmise de la même façon que pour le 4-20 mA mais avec un signal transmis dans ce cas est une pression qui varie entre 0,2 et 1 bar.

6. Comment calculer l'intensité en fonction de la mesure en pourcentage d'échelle :

Pour un bac qui peut contenir entre 2 et 8 mètre de liquide :

$$M = \frac{h - h_{\min}}{h_{\max} - h_{\min}}$$

Exemple de mesure : (3m)

$$M = \frac{3 - 2}{8 - 2} = 0.167$$

Le capteur mesure : M=16.7%

Règle : Il y a conservation du pourcentage : Egalité des Pourcentages. $M \% = I \%$
donc : $I=M=0.167$

$$I = \frac{i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} = \frac{i - 4}{20 - 4} = 0.167$$

Soit $i=6.67\text{mA}$.

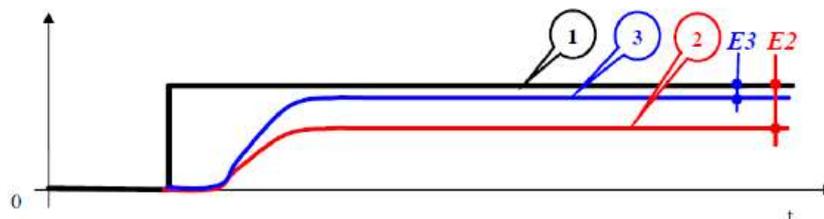
Le régulateur lit cette intensité et détermine le pourcentage de l'étendue d'intensité. La mesure de cette intensité ($i=6.67\text{mA}$) va lui permettre de comprendre que la mesure M est égale à 16.7% de l'étendue d'échelle du capteur.

7. Critères de performance d'une régulation :

Les performances d'une régulation peuvent se définir à partir de l'allure du signal de mesure suite à un échelon de consigne. Il existe 4 critères :

7.1. La précision :

C'est la capacité du système à se rapprocher le plus possible de la valeur de consigne.



1 : consigne

2 : système peu précis.

3 : système précis.

E2 : erreur statique liée à la courbe 2.

E3 : erreur statique liée à la courbe 3.

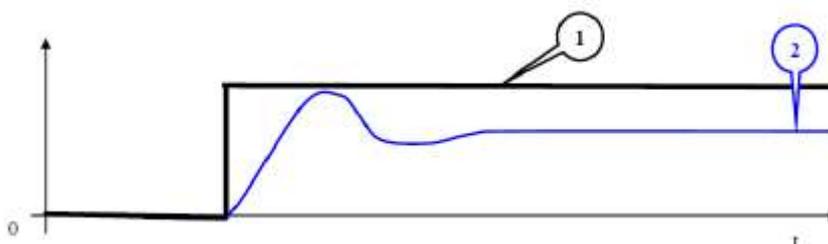
L'erreur s'exprime en pourcentage de la valeur de consigne.

La précision permanente : On appelle erreur permanente l'écart entre la sortie mesurée et la consigne lorsque la boucle d'asservissement ou de régulation est dans son état permanent : $\varepsilon = \omega - x$

La précision dynamique : L'erreur dynamique est l'écart entre la sortie et la consigne pendant l'évolution de ces signaux. Un écart transitoire apparaît à chaque changement de consigne ou suite à une perturbation.

7.2. La rapidité:

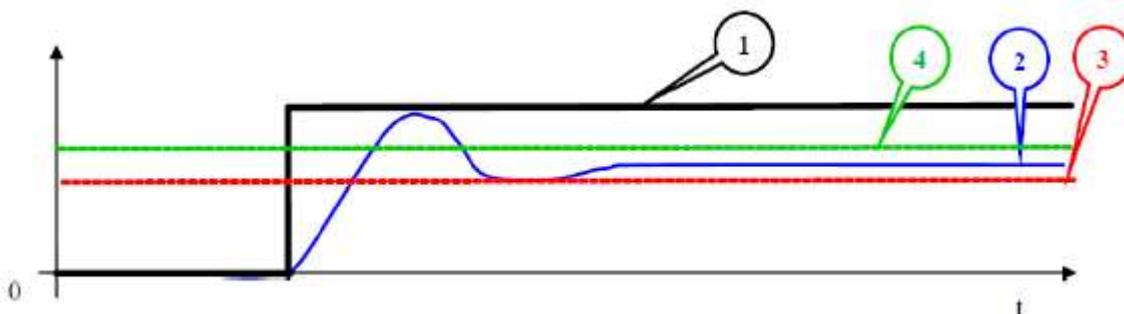
C'est la capacité du système à atteindre dans les meilleurs délais son régime stable. La rapidité d'un système est définie par son temps de réponse tr (plus tr est petit plus le système est dit rapide).



Dans l'exemple suivant, la courbe noire (1) représente la consigne et la bleue (2) représente la réponse du système. La valeur finale du système est nommée vf .

Pour déterminer le temps de réponse d'un système :

- on trace une droite à 95% de la valeur finale vf (3);
- on trace ensuite une droite à 105% de la valeur finale vf (4).



1 : consigne.

2 : valeur finale du système.

3 : droite à 95% de la valeur finale.

4 : droite à 105% de la valeur finale.

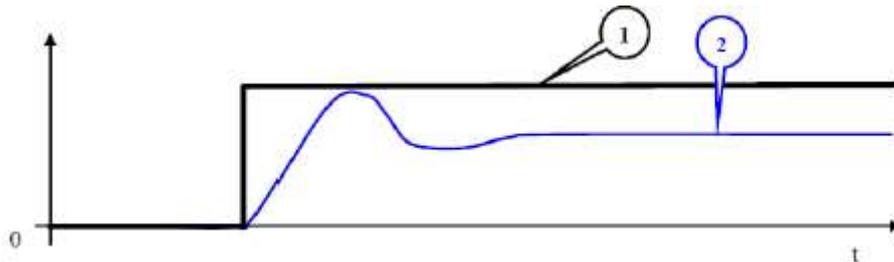
(Il est pratique de mesurer le temps de réponse grâce à la réponse indicielle)

Cours - Régulation Industrielle

Le temps de réponse à 5 % correspond à la différence entre le temps t_2 (temps à partir duquel la courbe entre dans l'intervalle 95% - 105% sans en sortir) et le temps t_1 (temps à partir duquel la consigne est active).

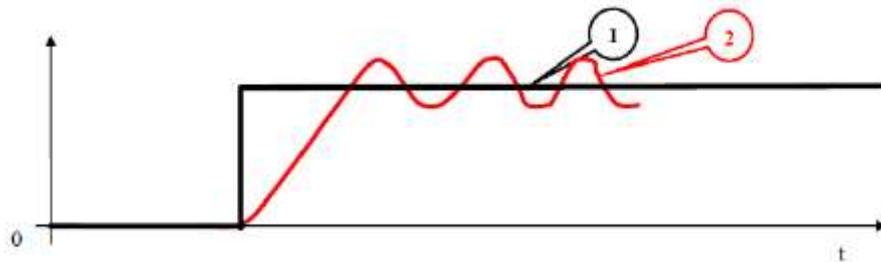
7.3. La stabilité:

On dit qu'une régulation est stable si pour une consigne bornée en amplitude, tous les autres signaux de sortie sont aussi bornés en amplitude.



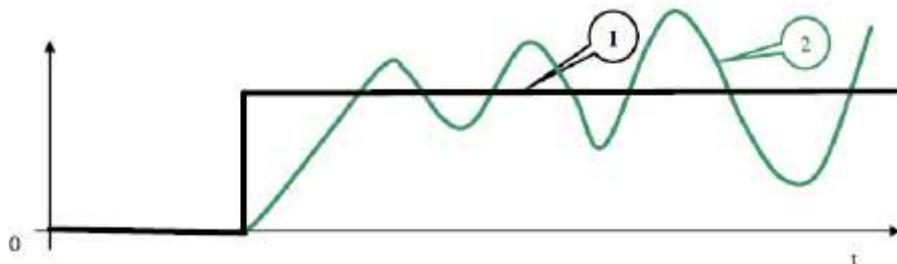
1 : consigne.

2 : système stable.



1 : consigne.

2 : système oscillant.



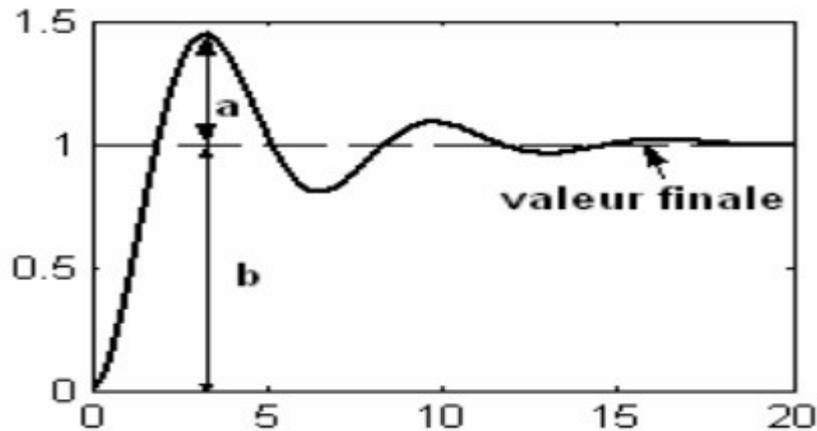
1 : consigne.

2 : système instable.

(Une boucle de régulation instable est une boucle inutilisable.)

7.4. Le dépassement:

On considère la réponse d'un système asservi représentée par la figure ci-dessous. Elle est caractérisée par la présence des oscillations d'amplitudes décroissantes.



Il faut bien comprendre que ces oscillations apparaissent aussi en tout point de la boucle et en particulier au niveau du *signal de commande*, ce qui engendre des sollicitations abusives de l'organe de commande (Vanne, moteur..).

En effet, un tel comportement oscillant se reproduira à chaque variation de la consigne ou suite à l'effet d'une perturbation.

Afin d'évaluer quantitativement le taux du dépassement, on définit le premier dépassement par :

$$D\% = \frac{a}{b} * 100$$

(En général on recommande un système de régulation dont le régime transitoire soit bien amorti et dont le dépassement ne dépasse pas 5 à 10% la valeur nominale)

8. Types de systèmes :

8.1. Système statique:

Un système est statique si sa sortie $x(t)$ à l'instant t ne dépend que de l'entrée $w(t)$ au même instant t . Un tel système réagit donc instantanément, sans retard, sans régime transitoire ou temps d'établissement. Il est sans mémoire puisque le passé n'influence pas sa sortie présente. Un exemple de système statique est la résistance électrique idéale.

8.2. Système dynamique:

Un système est dynamique si sa sortie $x(t)$ dépend non seulement de l'entrée présente $w(t)$ mais aussi des entrées et/ou sorties passées.