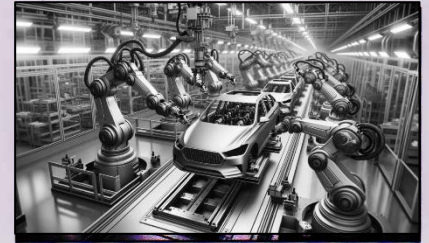


Chapitre 13 : Notions de base de l'asservissement

I. Introduction

L'automatique, ou asservissement (*Qui fonctionne tout seul ou sans intervention humaine*), est une discipline de l'ingénierie qui traite de la régulation et du contrôle des systèmes, permettant une réponse automatique aux variations et assurant la stabilité, la précision et l'efficacité des opérations. Il se divise en deux domaines :



- **Automatisme** : commande des systèmes à événements discrets (ascenseurs, feux de circulation).
- **Asservissement** : régulation précise de grandeurs physiques sans intervention humaine (vitesse de rotation, positionnement de robots, contrôle de niveau et de température).

Dans ce cours, nous nous concentrons sur l'asservissement linéaire continu. Les points abordés incluent : La différence entre asservissement et régulation, la chaîne d'asservissement et la chaîne de régulation et les qualités de l'asservissement : stabilité, précision et rapidité.

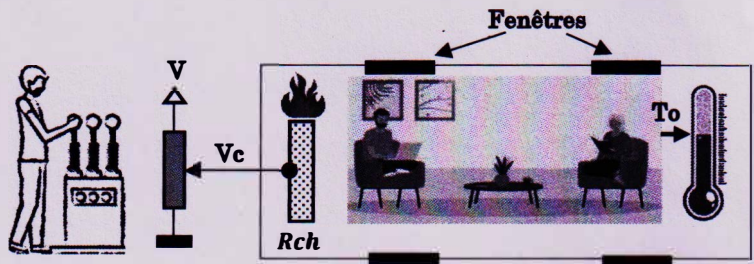
II. Structure de la commande d'un système asservi en boucle fermée

1. Structure de base de la commande d'un système

Pour établir la structure d'un système asservi, commençons par un exemple où l'homme joue le rôle de la "partie commande".

Exemple 1 : Réglage de la température d'une chambre

- **Rch** : Résistance électrique chauffante
- **Vc** : Tension de commande correspondant à la température souhaitée
- **To** : Température désirée par l'utilisateur (consigne)



L'homme doit maintenir la température de la chambre autour de « T_o » en effectuant les opérations suivantes :

- Il **mesure** la température à l'aide d'un thermomètre à mercure (capteur).
- Il **compare** la température mesurée à la température souhaitée T_o .
- Il **réagit** en fonction de l'écart entre la mesure et la consigne, son cerveau agissant comme un régulateur :
 - ✓ Lorsque la température atteint T_o , il met la tension de commande V_c à zéro à l'aide d'un potentiomètre.
 - ✓ En cas d'ouverture des fenêtres (**perturbation**), il est informé et décide d'agir pour ramener la température à sa valeur désirée T_o .

L'examen de cet exemple met en évidence diverses fonctions assurées par l'homme ou par des composants spécifiques. En particulier, nous avons les fonctions suivantes :

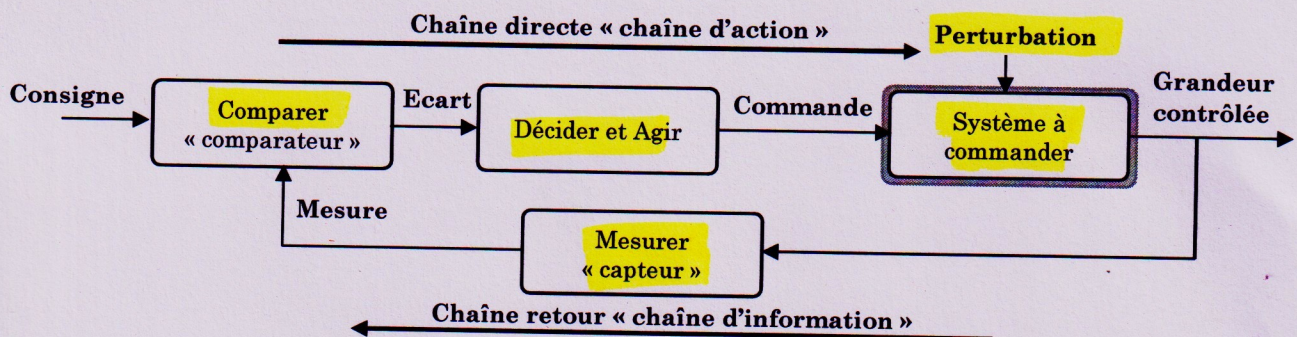
- **Fonction de mesure** : la température est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure.
- **Fonction de transmission de l'information** : l'information est lue sur le thermomètre et transmise visuellement au cerveau.
- **Fonction de comparaison** : la température mesurée est comparée à la température souhaitée T_o .
- **Fonction de régulation** : en fonction de l'écart entre la température mesurée et T_o , la tension est ajustée via un potentiomètre.
- **Fonction d'action** : selon l'écart observé, une action manuelle est effectuée sur le potentiomètre.

En résumé, une boucle d'asservissement ou de régulation est toujours formée des éléments suivants :

En général	Dans l'exemple
Capteur (élément essentiel de la chaîne de mesure)	thermomètre à mercure
Transformation de l'information	Transformation visuelle
Comparateur	Comparaison réalisée visuellement
Régulateur	le cerveau de l'homme
Organe de réglage	le potentiomètre

2. Structure finale d'un système asservi

On peut présenter la structure de la commande par le schéma fonctionnel suivant :



A partir du schéma d'asservissement, on distingue les organes de la chaîne et les informations circulées entre les organes.

2.1. Organes :

- **Un comparateur** : il élabore le signal d'écart entre la consigne et la mesure.
- **Un régulateur** : Le régulateur est le constituant « intelligent » dans une boucle de régulation. Il élabore à partir du signal d'erreur l'ordre de commande pour agir sur l'actionneur.
- **Un actionneur** : C'est l'organe d'action qui apporte l'énergie au système pour produire l'effet souhaité : moteur, vanne, vérin ...
- **Un capteur** : il prélève une information physique sur la grandeur contrôlée et la transforme en un signal compréhensible par le régulateur. La précision et la rapidité sont deux caractéristiques importantes du capteur.

2.2. Informations :

- **Consigne (ou référence)** : c'est la grandeur d'entrée d'une boucle d'asservissement ou de régulation que la grandeur contrôlée doit suivre. Elle doit impérativement être de même nature physique que la mesure pour pouvoir lui être comparée.
- **Sortie** : La sortie contrôlée représente le phénomène physique qu'il faut contrôler. C'est la raison d'être d'une boucle de contrôle.
- **Mesure** : Cette grandeur est fournie par la chaîne de retour. C'est l'image de la grandeur contrôlée.
- **Perturbation** : elle s'agit de tout phénomène physique intervenant sur le système qui modifie l'état de la sortie. Un système régulé doit pouvoir maintenir la sortie à son état désiré et ce, indépendamment, des perturbations.
- **Ecart (Erreur)** : C'est la différence à chaque instant entre la consigne et la mesure. Cette comparaison ne peut être réalisée que sur des grandeurs de même nature.
- **Commande** : C'est le signal élaboré par le régulateur pour agir c'est l'organe de réglage

III. Différence entre l'asservissement et la régulation

Dans une boucle d'asservissement et la boucle de régulation, on retrouve les mêmes organes (voir 2.1), La différence peut être résumée comme suit :

1. Asservissement

La consigne est variable, et la sortie doit la suivre aussi fidèlement que possible en termes de rapidité, de stabilité et de précision. L'asservissement se produit principalement en régime transitoire.

Exemple : Contrôle du positionnement d'un bras robotisé pour suivre une trajectoire précise.

2. Régulation

La consigne est constante et/ou varie par paliers (qlq heures). L'objectif est de maintenir la sortie (grandeur contrôlée) égale à la consigne, indépendamment des perturbations. La régulation se produit généralement en régime permanent.

Remarque : En l'absence de perturbations, la régulation n'est pas nécessaire.

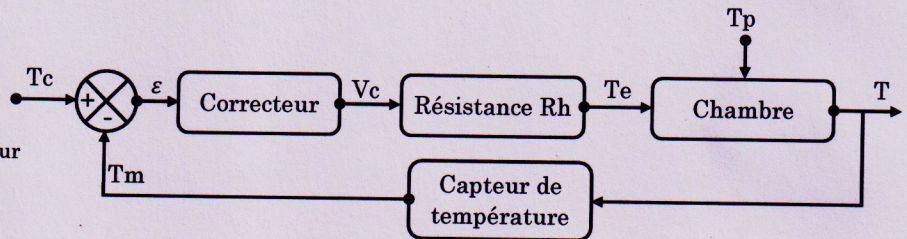
Exemple : régulation de la température d'une salle de sport.

IV. Qualité d'un système asservi

Tout système asservi ou régulé doit posséder des performances. Celles-ci peuvent être résumées en trois points : la précision, la stabilité et la rapidité.

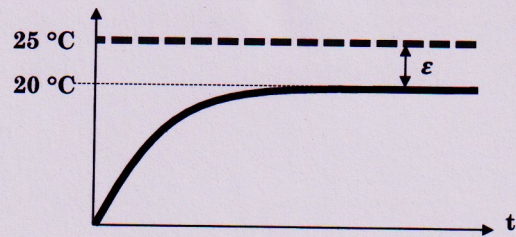
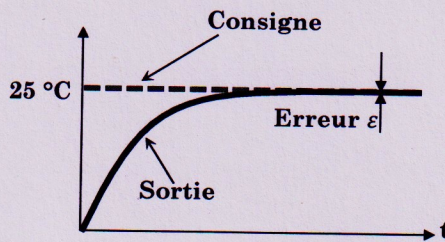
On prend comme exemple le système précédent :

- T_c : Température souhaitée (consigne)
- T_e : Température fournie par R_h
- T_p : Température de perturbation
- T : Température réelle (sortie)
- T_m : Température mesurée par le capteur
- V_c : Tension de commande
- ϵ : L'écart entre consigne et la sortie



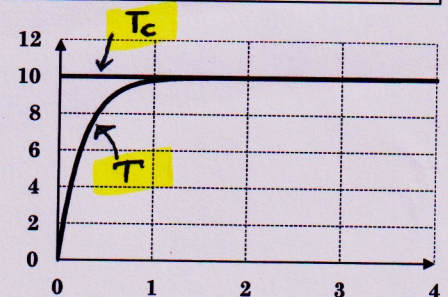
1. Précision

Un système est précis dans une boucle d'asservissement ou de régulation si la sortie suit fidèlement la consigne, avec un écart minimal. La précision est également évaluée en fonction des perturbations affectant cet écart dans une boucle de régulation.



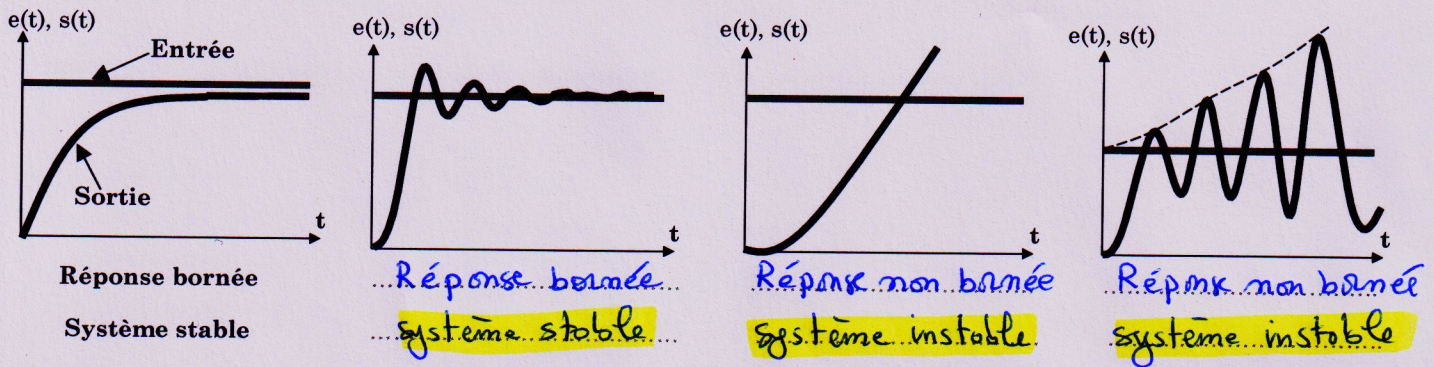
L'erreur ($\epsilon = 0$ ou $\epsilon \neq 0$)	$\epsilon = 0$	$\epsilon = 25 - 20 \Rightarrow \epsilon = 5^\circ \neq 0$
Précis ou non précis	Précis	non précis

- Trouver la valeur de la consigne : $T_c = 10^\circ\text{C}$
- Trouver la valeur initiale et la valeur finale graphiquement : $T_i = 0$ et $T_f = 10^\circ\text{C}$
- Estimer graphiquement l'erreur entre la sortie et l'entrée. Le système est-il précis ? $\epsilon = T(\infty) - T_c(\infty) \Rightarrow \epsilon = 0 \Rightarrow$ système précis



2. La stabilité

Une définition de la stabilité est la suivante : on dit qu'un asservissement est stable si pour une consigne bornée en amplitude, tous les autres signaux sont aussi bornés en amplitude.

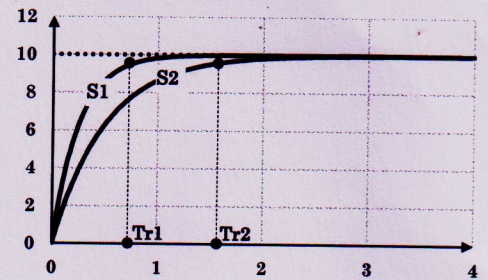


Remarque : Un système asservi ou régulé fonctionne en boucle fermée selon le principe de la contre réaction ou Feedback. Il peut être instable s'il est dimensionné de manière incorrecte. Il est par conséquent important de s'assurer de la stabilité avant toute mise en marche : une boucle instable est une boucle inutilisable !!!

3. La rapidité.

La rapidité est évaluée par le temps de réponse. Celui-ci est défini comme étant la durée pendant laquelle la réponse évolue d'un état stabilisé à un autre. Plus le temps de réponse est faible, plus l'asservissement est dit rapide.

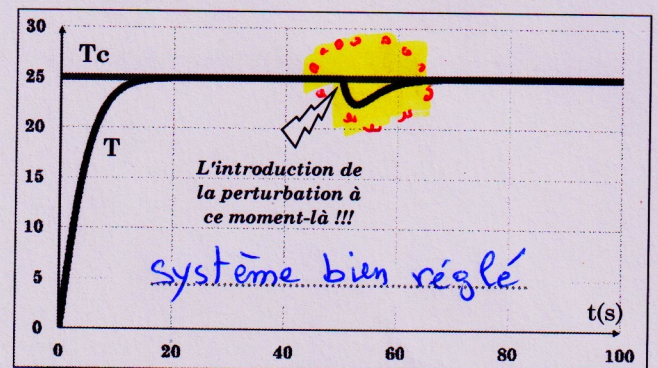
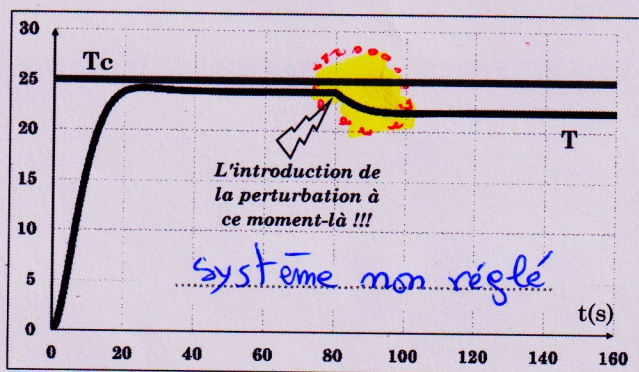
À comparaison entre les deux réponses ci-après permet de conclure que le système asservi dont la réponse est S1 est plus rapide que l'asservissement dont la réponse est S2.



$T_{r1} = 0,8s$ et $T_{r2} = 1,6s$

4. Effet de régulation de système

La régulation d'un système est définie par un cahier des charges lorsque celui-ci est soumis à des perturbations. L'efficacité de la régulation se mesure par la capacité du régulateur à annuler l'effet des perturbations (par exemple, l'ouverture des fenêtres perturbe la température de la chambre comme le montre les figures suivantes).



La température ne retourne pas à son état d'origine après l'introduction de la perturbation

Le système est réglé, car la température revient à son état d'origine après la perturbation

Conclusion générale : l'ingénieur automatique est soucieux de concevoir un système automatique (asservi ou régulé) avec des performances spécifiées par le cahier des charges. Les spécifications sont formulées de manière à obtenir un système de commande en boucle fermée Précis, Stable et Rapide. Souvent ces performances sont difficiles à satisfaire simultanément et généralement un compromis s'impose. L'art de l'automatisticiennes de trouver ce compromis en calculant judicieusement les paramètres du régulateur, l'organe « intelligent » de la boucle.