

Cours réalisé par D.YD

Chapitre I : Terminologie des systèmes de commande

L'automatique est généralement définie comme la science qui traite des ensembles qui se suffisent à eux-mêmes et où l'intervention humaine est limitée à l'alimentation en énergie et en matière première. L'objectif de cette science est de remplacer l'homme dans la plupart des tâches. L'automatique peut s'appliquer à tout ce qui bouge, fonctionne, se transforme. L'objet d'application de l'automatique est appelé système qui se caractérise par ses grandeurs d'entrée et de sortie. Les grandeurs d'entrée sont les grandeurs qui agissent sur le système.

Exemple : La figure (I.1) montre un système de remplissage d'un réservoir d'eau. L'automatisation dans ce cas consiste à déterminer le degré d'ouverture de la vanne ainsi que la durée de son ouverture pour que le niveau d'eau dans le réservoir soit égal à une valeur donnée.

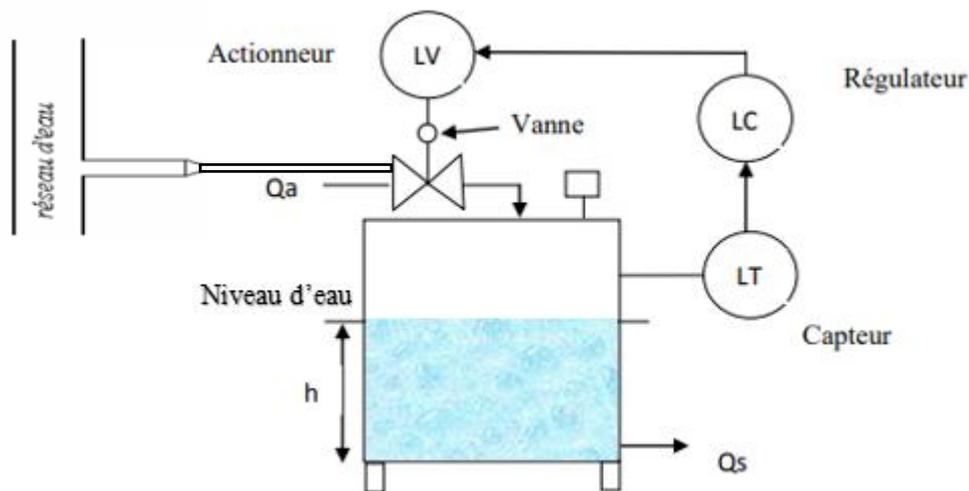


Figure I.1 : Exemple d'un système automatisé.

Schéma fonctionnel de la boucle de régulation de niveau :

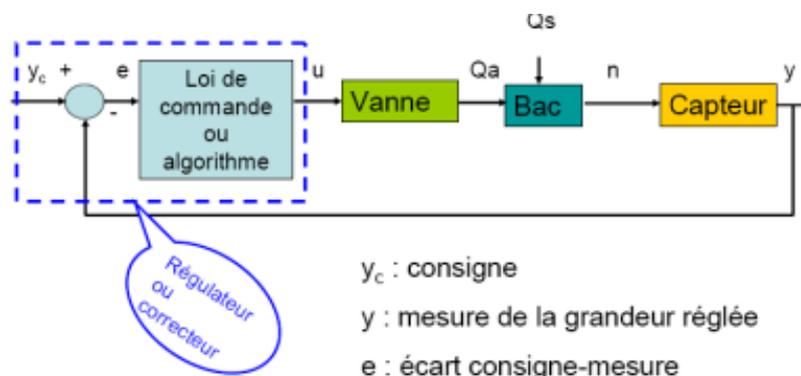


Figure I.2 : Schéma fonctionnel de remplissage de réservoir d'eau.

Cours réalisé par D.YD

Donc un **système automatisé** est un système technique pour lequel tout ou une partie du savoir-faire est confié à une machine est appelé **système automatisé**.

I.1 Notion de base de système

Un système est un ensemble de processus, physique et chimique, en évolution. On représente un système par un rectangle à l'intérieur duquel on peut écrire les différents éléments qui le constitue. L'effet produit par le système que l'on souhaite contrôler est représenté par une flèche qui sort du système, elle est appelée la grandeur de sortie ou la grandeur à contrôler. Les causes nécessaires au système pour produire cet effet sont représentées par des flèches qui entrent dans le système, elles sont appelées les grandeurs d'entrée. Dans un système il faut distinguer entre deux types de grandeurs :

- **Signaux et grandeurs d'entrées** : Les **entrées** sont des grandeurs issues du milieu extérieur, ce sont des **causes**. Elles sont indépendantes donc ne sont pas influencées par le système, les **entrées** peuvent être commandés ce sont les **consignes** ou non commandés ce sont les **perturbations**. Les **consignes** on peut agir sur elles, donc les maîtriser mais les **perturbations** peuvent être prévisibles ;
- **Signaux et grandeurs de sorties** : Les **sorties** fournissent la réponse du système, ce sont des **effets**, elles sont dépendantes du système et du signal d'entrée. Pour évaluer les objectifs, ces signaux doivent être observables moyennant des capteurs.

La figure I.3 présente un système à une entrée de commande, une sortie et une entrée de perturbation.

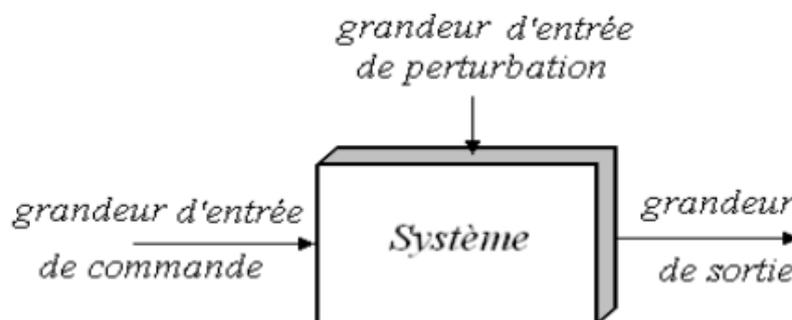


Figure I.3 : schéma bloc de différents signaux relatifs à un système.

Chaque système est représenté par un schéma bloc liant sa grandeur d'entrée et sa grandeur de sortie à travers le rectangle qui contient la **transmittance** nommée aussi **fonction de transfert**, par laquelle on multiplie l'entrée pour connaître la sortie.

Cours réalisé par D.YD

❖ **Remarque :**

- 1) Le système à une entrée et une sortie, c'est un système mono-variable ou **SISO** en anglais c'est l'abrégié de **Single Input Single Output** ;
- 2) Le système a plusieurs entrées et plusieurs sorties, c'est un système multi-variable ou **MIMO** en anglais c'est l'abrégié de **Multiple Input Multiple Output** ;
- 3) Le système a une entrée et plusieurs sorties est un système **SIMO** ;
- 4) Le système a plusieurs entrées et une sortie appelé système **MISO**.

Dans toute la suite du cours, seuls **les systèmes SISO linéaires continus invariants** sont considérés.

I.2 Systèmes d'asservissement et de régulation

Un système automatisé à contrôle numérique ou analogique muni d'une **rétroaction** sera appelé un système **asservi** ou bien un système de **régulation**.

I.2.1 Définition de system asservi

Un système est dit asservi lorsque la grandeur de sortie **suit aussi précisément** que possible les variations de la grandeur d'entrée ou consigne quels que soient les effets perturbateurs extérieurs. Exemple l'antenne et le radar où la sortie suivra fidèlement les variations de la consigne.

I.2.2 Définition de système de Régulation

La régulation regroupe l'ensemble des techniques utilisées pour maintenir la grandeur **réglée à sa valeur de consigne**, en tenant compte des perturbations et en agissant sur une autre grandeur physique, appelée grandeur réglante. Donc le but de la régulation est d'éliminer les effets de la perturbation.

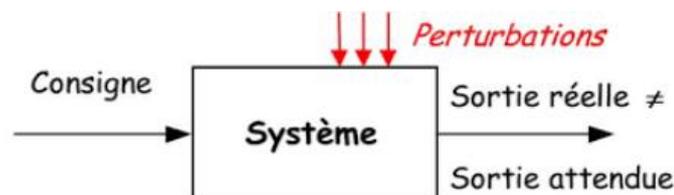


Figure I.4 : Système de régulation en boucle ouverte (BO).

I.2.3 Chaîne de régulation ou d'asservissement

Un system asservi ou bien de régulation se décompose on trois blocs :

- Observation de l'état du système : Utilisation de capteur qui délivre une image de la grandeur de sortie observée.

Cours réalisé par D.YD

- Comparaison – Réflexion : L'état mesuré est comparé à l'état souhaité et la modification éventuelle de la commande est déterminée. L'organe qui réalise ces deux fonctions est appelé régulateur qui élabore l'ordre de commande à partir de la consigne (entrée) et de la mesure (retour). Il est composé d'un comparateur ou soustracteur et d'un correcteur.
- Action : L'actionneur apporte la puissance nécessaire à la réalisation de la tâche.

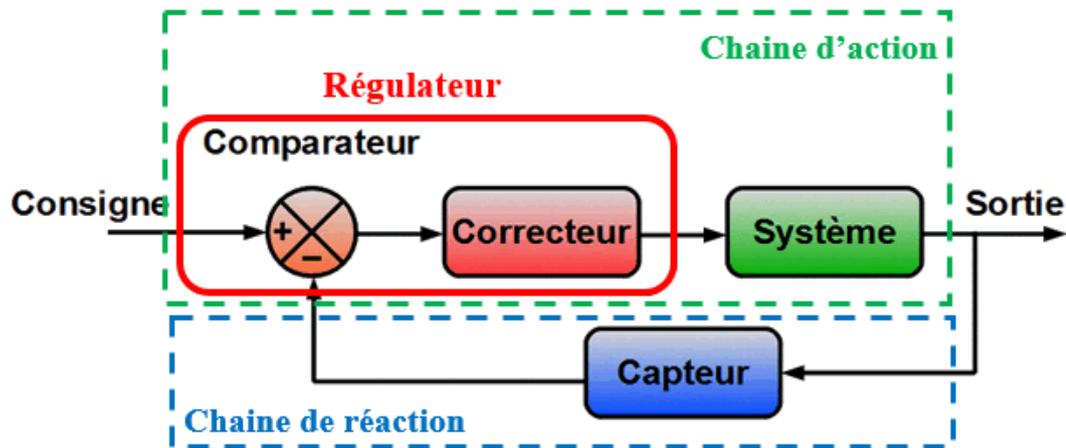


Figure I.5 : Schéma principal de la chaîne de régulation ou d'asservissement.

❖ **Exemple :** La commande en température d'un four. Nous allons donner une information supplémentaire à l'opérateur. Il s'agit de lui indiquer la température du four. L'opérateur compare la température désirée (consigne) avec la température réelle (mesure) pour évaluer l'écart (erreur) et ajuster en conséquence (commande). Le schéma suivant représente le système asservi :

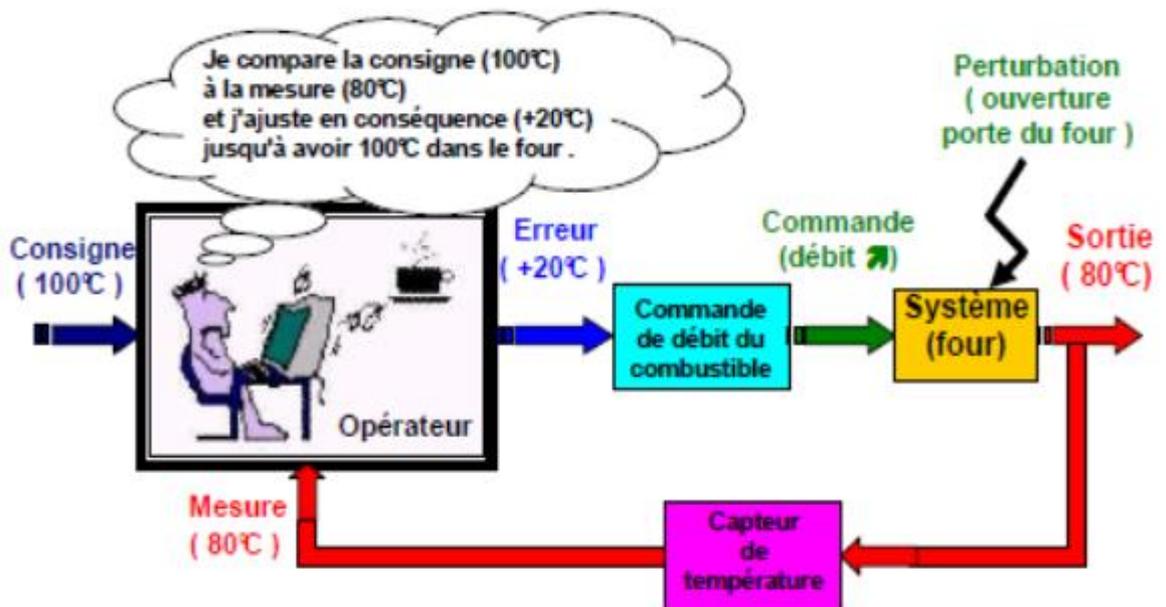


Figure I.6: Commande en température d'un four.

Cours réalisé par D.YD

I.3 Système commandé en Boucle Ouverte (BO) et en Boucle Fermée (BF)

On dit qu'un système physique est commandé lorsqu'il permet de réaliser une relation entre la grandeur d'entrée (cause) et la grandeur de sortie (effet). Quel que soit la nature du système à commander, il est toujours possible de classer les différentes structures de commande en deux grandes familles. Les structures de commande en boucle ouverte et les structures de commande à contre-réaction, appelées structures de commande en boucle fermée :

- 1) Un système est en boucle ouverte lorsque la commande est élaborée sans l'aide de la connaissance des grandeurs de sortie danc il n'y a pas de feedback ;
- 2) Dans le cas contraire, le système est dit en boucle fermée. La commande est alors fonction de la consigne (la valeur souhaitée en sortie) et de la sortie. Pour observer les grandeurs de sortie, on utilise des capteurs. C'est l'information de ces capteurs qui va permettre d'élaborer la commande.

I.3.1 Système de commande en Boucle Ouverte (BO)

En l'absence d'entrées perturbatrices et en supposant que le modèle mathématique du système est parfait, il est concevable de générer un signal de commande produisant le signal de sortie souhaité (Figure I.7). Cela constitue le principe de la commande en boucle ouverte qui exploite la connaissance des dynamiques du système afin de générer les entrées adéquates $e(t)$. Ces derniers ne sont donc pas influencés par la connaissance des signaux de sortie $s(t)$. Cette solution est envisageable dans le cas où le système est parfaitement connu.

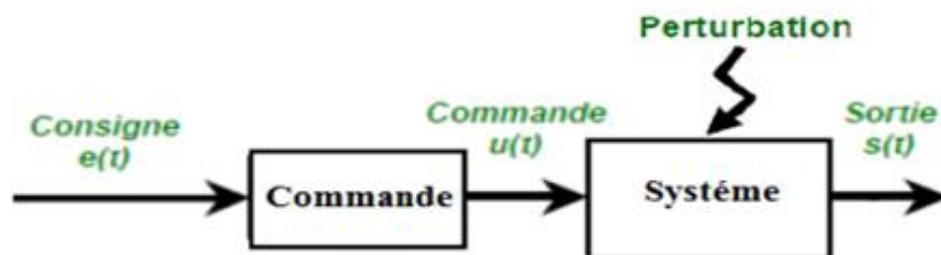


Figure I.7 : Schéma générale d'une commande en boucle ouverte (BO).

Le système en boucle ouvert est insensible aux perturbations, rapide et stable. En revanche c'est un système souvent qualifié par aveugle, puisque c'est impossible de concevoir une correction.

I.3.2 Système de commande en Boucle Fermée (BF)

Si le système à commander n'est pas parfaitement connu ou si les perturbations affectent sensiblement le système, alors les signaux de sortie ne seront plus ceux souhaités. L'introduction d'un retour d'information sur la sortie mesurée s'avère alors nécessaire. Un système bouclé permet, en

Cours réalisé par D.YD

quelque sorte, que la réponse du système correspond à l'entrée de référence. Tandis qu'un système en boucle ouverte commande sans contrôler l'effet de son action. Les systèmes de commande en boucle fermée sont ainsi préférables quand des perturbations non modélisables et/ou des variations imprévisibles des paramètres sont éventuelles. Cette structure de commande permet ainsi d'améliorer les performances dynamiques du système commandé : Précision, rapidité, rejet de perturbation, meilleur suivi des consignes, moindre sensibilité aux variations paramétriques du modèle, stabilisation des systèmes instables en boucle ouverte.

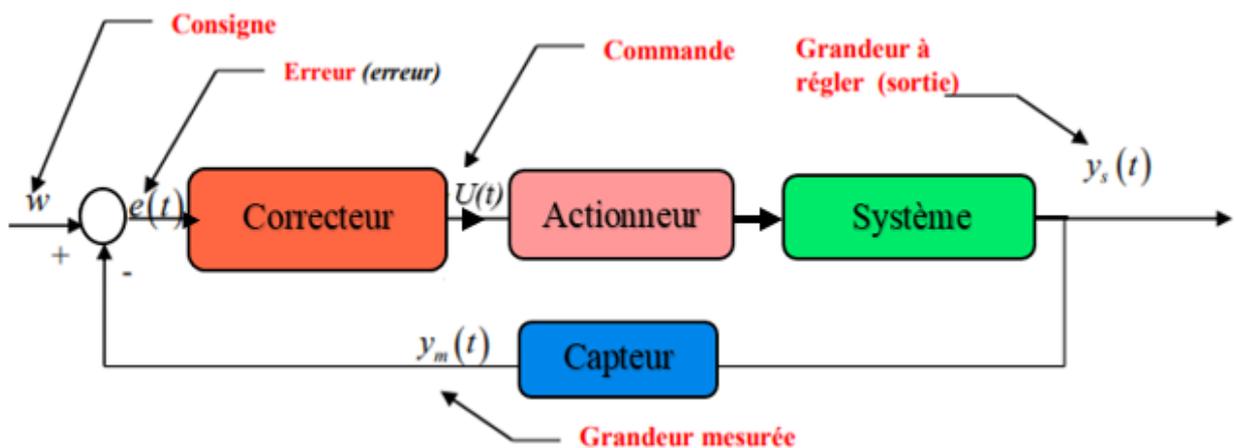


Figure I.8: Système en Boucle Fermée (BF).

Où

w : Consigne

$\epsilon(t) = w - y_m$: Signal d'erreur c'est écart entre consigne et sortie du système ;

Correcteur : Elabore la loi de commande $u(t)$;

Actionneur : Applique la commande au système. Joue en général le rôle d'amplificateur de puissance ;

y_s : Sortie du système ou grandeur à asservir.

I.3.3 Précisions des systèmes par la rétroaction (feedback)

Faire une contre-réaction ou un "feedback" : réagir en fonction de ce qui est réalisé, connaissant ce qui est demandé. Ce principe nous l'utilisons tous les jours dans la plupart de nos actions.

❖ **Exemple** : Pour conduire, nous devons regarder la route et sans cesse corriger la direction de la voiture même s'il n'y a pas de virages.

La commande d'un processus sans information en retour ne peut donner des résultats corrects que si :

- 1) L'on connaît parfaitement le comportement du système (et qu'il est invariant) ;
- 2) Aucune perturbation extérieure ne modifie la réponse théorique du système.

Il est donc nécessaire d'introduire dans la plupart des cas une **rétroaction**, qui permet de prendre en compte l'état du processus afin d'élaborer le signal de commande.