

Chapitre 1

Introduction sur les asservissements

1. Introduction

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 l'automatique est de remplacer l'homme dans la plupart des tâches (tâches répétitives, pénibles, dangereuses, trop précises, trop rapides) qu'il réalise dans tous les domaines sans intervention humaine.

On appelle asservissement d'un système le bouclage effectué lorsque l'on ajuste l'entrée du système en réaction aux informations de sortie.

2. Notion de système et de système asservi

Le mot **système** fait référence étymologiquement à un ensemble organisé. En Automatique, on définit un système dynamique en considérant un procédé de nature quelconque (physique, biologique, économique, ...) qui évolue sous l'action d'entrées et dont l'évolution est caractérisée par ses sorties.

On appelle **asservissement** d'un système le bouclage effectuée lorsque l'on ajuste l'entrée du système en réaction aux informations de sortie. Le principe de base d'un asservissement est de mesurer, en permanence, l'écart entre la valeur réelle de la grandeur à asservir et la valeur de consigne que l'on désire atteindre, et de calculer la commande appropriée à appliquer à un (ou des) actionneur(s) de façon à réduire cet écart le plus rapidement possible.

3. Théorie de la commande

Le processus préliminaire de modélisation achevé, les performances, au sens large, d'un système peuvent être analysées et des méthodes de correction via l'action d'un système de commande peuvent être proposées. Le but d'un système de commande est donc d'exercer des actions entraînant une amélioration du comportement du système et de ses performances. L'ensemble des méthodes permettant l'analyse du comportement d'un système donné et la synthèse d'un système de commande satisfaisant des spécifications de performance précises définit la théorie de la commande. Quelle 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 également structures de commande en **boucle fermée**.

3.1. Commande en boucle ouverte

En l'absence d'entrées perturbatrices et en supposant que le modèle mathématique du système est parfait, il est imaginable de générer un signal de commande produisant le signal de sortie souhaité. Cela constitue le principe de la commande en boucle ouverte. Les signaux d'entrée $e(t)$ ne sont pas influencés par la connaissance des signaux de sortie $s(t)$.

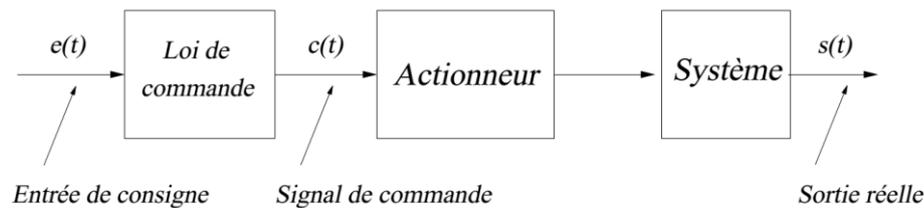


Figure 1.1. Commande en boucle ouverte.

Cette solution est envisageable dans le cas où le système est parfaitement connu et modélisé et dans le cas où l'obtention d'une mesure de la sortie n'est pas économiquement possible.

Les performances des systèmes non-bouclés sont limitées :

- Si la valeur visée est dépassée, le système ne peut pas corriger l'erreur.
- Si une perturbation extérieure déplace le mobile, le système ne peut pas se recalier.
- La dynamique n'est pas maîtrisée. C'est principalement pour cette raison que l'on ajoute une boucle de vitesse et de courant.

Exemple (machine à laver)

L'exemple typique de ce type de structure est constitué par la machine à laver fonctionnant sur la base de cycles pré-programmés ne possédant pas d'informations mesurées concernant le degré de propreté du linge.

Toutefois, si le système à commander n'est pas parfaitement connu ou si des perturbations l'affectent, les signaux de sortie ne seront pas ceux souhaités.

3.2. Commande en boucle fermée

L'introduction d'un retour d'information sur les sorties mesurées s'avère alors nécessaire.

Le principe de commande en boucle fermée est illustré sur la figure suivante et définit la structure de commande à contre-réaction. On parle alors de système bouclé (fig.1.2).

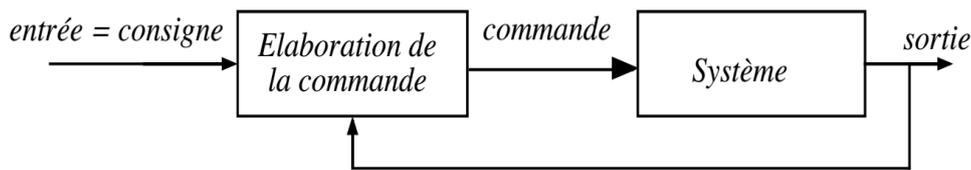


Figure 1.2. Commande en boucle fermée.

On peut donc définir un asservissement comme un système bouclé ou à boucle fermée comportant une amplification de puissance, une mesure et une comparaison.

D'une manière générale, le système comprend (fig. 1.3) :

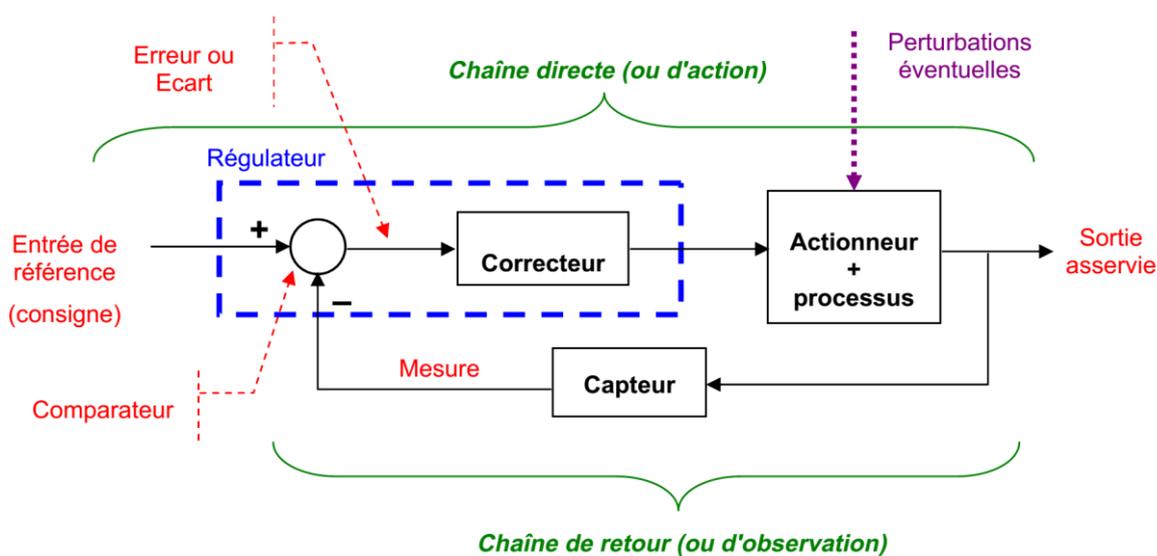


Figure 1.3. Organisation fonctionnelle d'un système asservi.

Cette structure fait intervenir deux chaînes, une chaîne d'action et une chaîne d'information.

3.2.1. Constituants

a- Partie commande ou régulateur

Le régulateur se compose d'un comparateur qui détermine l'écart entre la consigne et la mesure et d'un correcteur qui élabore à partir du signal d'erreur l'ordre de commande.

b- Actionneur

C'est l'organe d'action qui apporte l'énergie au système pour produire l'effet souhaité. Il est en général associé à un pré-actionneur qui permet d'adapter l'ordre (basse puissance) et l'énergie.

c- Capteur

Le capteur prélève sur le système la grandeur réglée (information physique) et la transforme en un signal compréhensible par le régulateur.

3.2.2. Informations

a- Entrée Consigne

La consigne, est la valeur que l'on désire atteindre.

b- Sortie asservie

La sortie régulée représente le phénomène physique que doit régler le système.

c- Perturbation

On appelle perturbation tout phénomène physique intervenant sur le système qui modifie l'état de la sortie. Un système asservi doit pouvoir maintenir la sortie à son niveau indépendamment des perturbations.

d- Erreur ou Ecart

On appelle écart ou erreur, la différence entre la consigne et la sortie. Cette mesure ne peut être réalisée que sur des grandeurs comparables, on la réalisera donc en général en la consigne et la mesure de la sortie.

Exemple 01 (Régulation de température dans un four)

Un système de contrôle thermique est représenté à la figure 1.4. La température T d'un processus donné est régulée dans un four à l'aide d'une résistance R . Par comparaison entre la tension de consigne V_c et la tension "mesurée" reflet de la température T , une tension de commande V est délivrée à l'actionneur modifiant en conséquence le courant parcourant la résistance R .

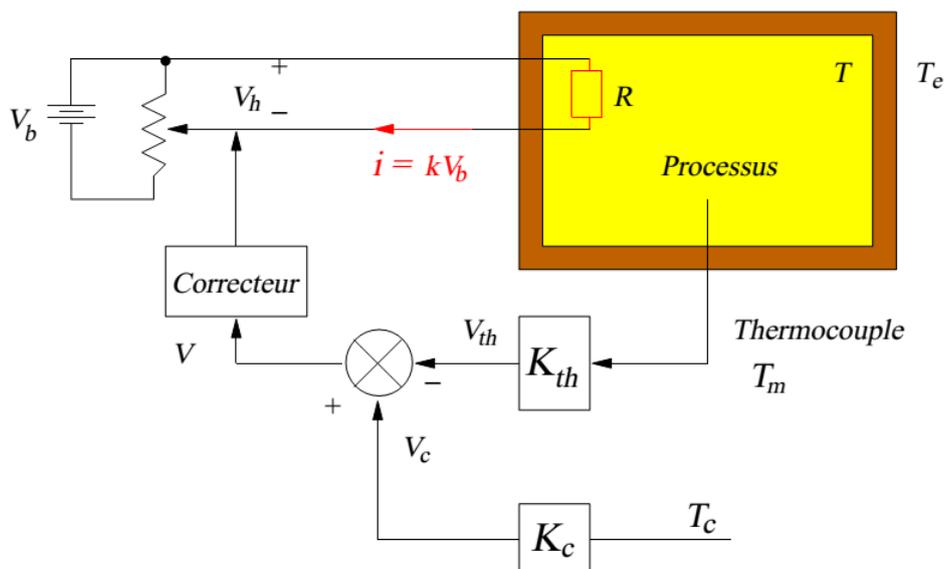


Figure 1.4. Régulation de température.

Exemple 02 (Asservissement de vitesse d'une voiture)

Supposons que l'on veuille maintenir constante la vitesse (V) d'une voiture. A la valeur (V) de la vitesse correspond une valeur (e) de la course de l'accélérateur. Il suffirait donc, en principe, de maintenir (e) constant pour que (V) le soit. Chacun sait que la réalité est différente.

On peut donner un schéma très simple pour illustrer cet exemple (fig. 1.5).

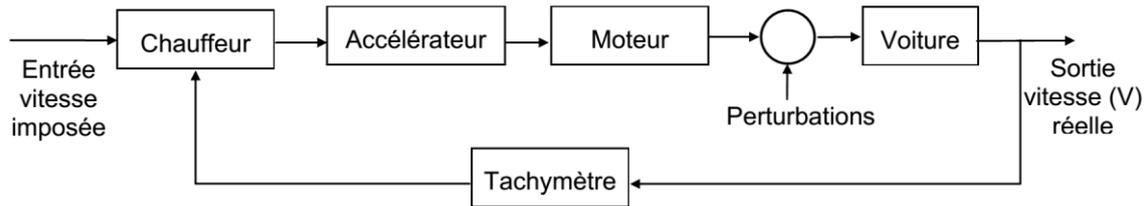


Figure 1.5. Asservissement de vitesse d'un véhicule.

4. Régulation et asservissement

Nous avons fait la distinction dans l'introduction entre régulation et asservissement. Nous pouvons maintenant préciser de façon nette cette différence :

- **Régulation:** On appelle régulation un système asservi qui doit maintenir constante la sortie conformément à la consigne (constante) indépendamment des perturbations.
Ex: Régulation de température.
- **Asservissement :** On appelle asservissement un système asservi dont la sortie doit suivre le plus fidèlement possible la consigne (consigne variable).
Ex: suivi de trajectoire par un missile.

5. Performances d'un asservissement

De manière générale, on caractérise les performances d'un système asservi par les trois critères suivants : précision, rapidité et stabilité.

- **Précision :** La précision est caractérisée par l'écart entre la consigne et la sortie. on distingue deux types de précision : précision dynamique et précision statique.
- **Stabilité :** On dit qu'un système est stable si pour une entrée constante, la sortie reste constante quelles que soient les perturbations.
- **Rapidité :** La rapidité caractérise le temps mis par le système pour que la sortie atteigne sa nouvelle valeur. On définit, pour caractériser la rapidité, le temps de réponse à 5% ($t_{5\%}$), c'est le temps que met le système pour rester la bande des 5% de sa valeur finale.

6. Methodologie

Dans l'étude des systèmes de contrôle, on doit être en mesure de suivre une méthodologie qui permet d'arriver à un objectif le plus rapidement possible. Le flot de design est montré à la figure 1.6.

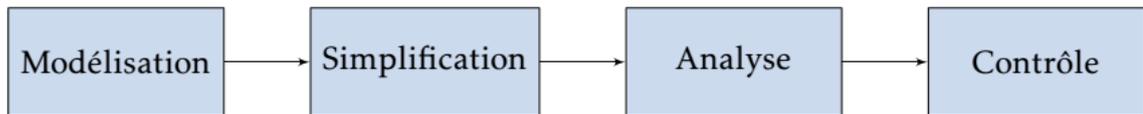


Figure 1.6. Methodologie de design.

- **Modélisation du système :** Dans tous les cas, afin d'étudier un système, on doit être en mesure de modéliser ce système par une série d'équation, et ensuite y formuler une fonction de transfert pour chacun des éléments du système. Une bonne connaissance des outils mathématiques est nécessaire pour transformer les fonctions de transfert en formes utiles.
- **Simplification et réduction :** La prochaine étape consiste à réduire l'ensemble des sous-systèmes à un système équivalent. L'algèbre des blocs et les équations relatives aux systèmes sont utilisées ici pour simplifier les calculs.
- **Analyse du design :** On analyse ensuite le système par rapport à certains critères, notamment la stabilité, la rapidité, et la précision.
- **Contrôle :** Il s'agit de concevoir les contrôleurs pour obtenir la caractéristique voulue du système.