

# CHAPITRE 1 : INTRODUCTION A L'AUTOMATIQUE ET AUX SYSTEMES ASSERVIS LINEAIRES

## 1.1 Introduction

L'automatique est une discipline scientifique qui vise à attribuer à un dispositif donné, appelé système, des propriétés souhaitées sans nécessité d'une intervention humaine. Elle nécessite d'attribuer un modèle au comportement du dit système (phase de modélisation) et de l'utiliser afin, d'une part, de mieux comprendre ce comportement (phase d'analyse) et d'autre part, d'agir sur le système dans le but d'améliorer ses propriétés (phase de commande).

**Définition :** L'automatique est une science qui fournit la théorie et les méthodes pour concevoir et réaliser les commandes automatiques des systèmes ou procédés. Ainsi, un système automatique est capable de fonctionner d'une manière *autonome*.

## 1.2 Définition d'un système

C'est une combinaison de parties qui se coordonnent pour avoir à un résultat. Il s'oppose à un ensemble d'objets élémentaires sans structure ni lien ; il y a système si, elle existe une certaine dépendance entre les éléments.

D'une manière générale, un système physique simple se représente sous la forme d'un diagramme fonctionnel (voir figure 1.1). Notons  $F$  la fonction qui relie la sortie  $s(t)$  à l'entrée  $e(t)$  à chaque instant.

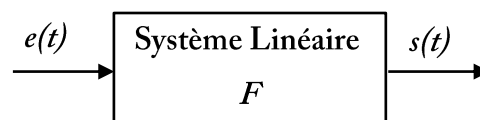


Figure 1.1 Schéma fonctionnel d'un système linéaire.

Un tel système est dit :

- Un système *monovariante* : s'il ne possède qu'une seule entrée et une seule sortie,
- Un système *continu* : si la fonction  $F$  est une fonction continue dans le temps,
- Un système *linéaire* : si la fonction  $F$  est linéaire pour toute entrée.

## 1.3 Notion d'asservissement et régulation

Il y a **asservissement** d'une grandeur  $y$  à une grandeur de **consigne**  $y^c$  lorsque l'on force par un dispositif particulier la grandeur  $y$  à suivre au mieux l'évolution de la grandeur  $y^c$ . Lorsque la consigne est constante on parle en général de **régulation**, et si la consigne est variable on parle de **poursuite**.

Exemples de régulation :

- régulation de niveau d'eau dans un réservoir.
- régulation de vitesse d'un moteur.
- régulation de température d'un four.

Exemples de poursuite:

- une machine outil qui doit usiner une pièce selon un profil donné,
- un missile qui poursuit une cible,
- asservissement de position,
- asservissement de vitesse,
- asservissement de débit.

### 1.3.1 Exemple d'un système asservi : conduite d'un véhicule

Le système à commander est l'ensemble voiture-route. Les parties de commande sont constitués par le cerveau et les membres humains. Les décisions concernant la direction, l'accélération et le freinage du véhicule sont prises en tenant compte des mesures effectuées par l'œil, et d'un certain critère de performance, qui peut être un compromis entre la durée du trajet, le confort, la consommation...etc.

La conduite du véhicule peut être schématisée par la figure suivante :

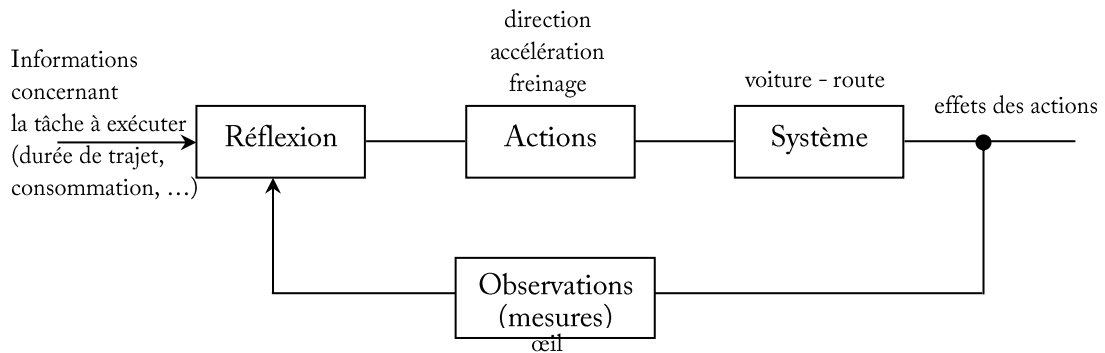


Figure 1.2 Schéma du système de conduite du véhicule.

**Remarque :** le système voiture-route est un système multi-variable (plusieurs entrées et plusieurs sorties) et il peut être soumis à plusieurs perturbations :

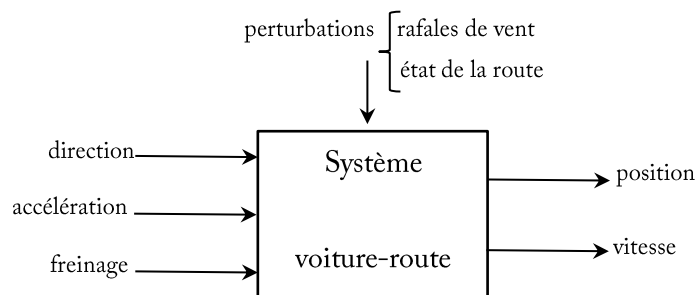


Figure 1.3 Schéma du système de conduite du véhicule incluant les perturbations.

Le schéma-bloc montré dans la figure 1.2 montre bien l'opération de bouclage (en anglais "feedback"), les résultats des observations étant, après réflexion, utilisés pour élaborer des actions.

**Le bouclage** est une méthode de commande d'un système qui consiste à lui réinjecter les résultats de ses performances passées.

On voit que l'effet du bouclage est d'ajuster, en permanence, les actions (ici la direction, l'accélération et le freinage) de telle sorte que les grandeurs réglées (ici la position et la vitesse) suivent au mieux les consignes (la durée du trajet, la consommation, ...).

### 1.4 Schéma de principe

Dans le cas général, un système asservi correspond au schéma de la figure suivante :

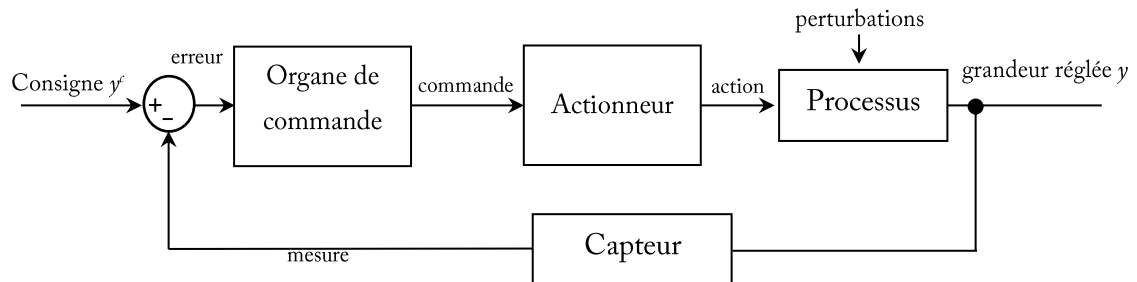


Figure 1.4 Schéma général d'un système asservi.

Ce système comprend deux chaînes :

- une chaîne directe, ou chaîne d'action,
- une chaîne de retour, ou chaîne d'information.

L'idéal serait que le signal d'erreur soit nul, à tout instant. Cette condition n'est en général pas réalisée à tout instant, du fait de la présence de *perturbations* qui affectent le processus ;

Pour cela, on distingue les composants suivants :

- un capteur qui permet de mesurer la valeur d'une grandeur  $y$  ;
- un détecteur d'écart, permet de comparer cette grandeur à une grandeur de consigne  $y^*$  ;
- un organe de commande (régulateur), qui élabore la loi de commande ;
- un actionneur qui réalise la commande du système, l'actionneur est souvent un amplificateur de puissance ;
- des transmetteurs (non représentés sur le schéma) assurant la communication entre les divers éléments précédents.

En plus de ces composants de base, une régulation comporte en général :

- des alarmes et des sécurités en cas de dysfonctionnement ou panne d'un élément ;
- des convertisseurs qui transforment la nature des signaux et puissances utilisés (électrique  $\leftrightarrow$  pneumatique, électrique  $\leftrightarrow$  mécanique, ...)
- des enregistreurs qui permettent la vérification de la qualité du fonctionnement et l'analyse des pannes ou perturbations.

La transmission de signaux s'effectue essentiellement sous forme pneumatique ou électrique, les signaux étant normalisés au besoin à l'aide d'adaptateurs, de façon à permettre un échange facile de composants en cas de panne.

*- Transmission pneumatique*

On utilise généralement des pressions de 200 à 1000 millibars (mb), la valeur 200 mb correspondant à un signal nul, de façon à distinguer la valeur nulle du signal de la pression nulle due à une fuite ou à un défaut d'alimentation.

*- Transmission électrique*

Le signal peut être une intensité avec plusieurs échelles de normalisation (1-5mA, 4-20mA, 10-50mA, 0-20mA, ... ) ou une tension (0-10V, 2.5-12V .. ). La grandeur la plus souvent retenue est l'intensité, avec l'échelle 4-20 mA, où 4 mA correspondant au signal nul.

Le régulateur peut être un microcalculateur, on doit dans ce cas avoir des convertisseurs : analogique/numérique en entrée, et numérique/analogique en sortie. Les régulateurs travaillent le plus souvent au niveau des signaux, la puissance étant fournie par des amplificateurs et par les actionneurs.

### 1.5 Caractéristiques d'un système asservis

Les systèmes automatiques sont caractérisés par leurs modes de fonctionnement (en boucle ouverte ou fermée) ainsi que la nature de la commande (commande continue ou discrète).

Les systèmes automatiques peuvent fonctionner selon l'une des deux configurations suivantes : en boucle ouverte ou en boucle fermée.

- **Les systèmes en boucle ouverte** : Ce sont des systèmes dont l'état de la sortie à un instant donné  $t$  ne dépend que de la nature du système et de l'état de l'entrée.

*Exemple* : Positionnement manuel d'une antenne de réception, où la position de l'antenne peut être modifiée à cause du vent. Dans ce cas, il faut la rétablir manuellement.

- **Les systèmes en boucle fermée** : Ce sont des systèmes dont l'état de sortie à un instant donné  $t$  dépend de la nature du système, de l'état d'entrée et des états antérieurs de la sortie.

*Exemple* : la poursuite automatique du radar, où le radar poursuit la cible sans aucune intervention de l'opérateur. On parle dans ce cas d'un système régulé ou asservi.

Un système commandé est un système qui possède une ou plusieurs variables de sortie commandées à partir d'un ensemble de variables d'action ou d'entrée. Selon le type de variables, on peut distinguer deux types de commande :

- **La commande continue** : si les variables sont continues dans le temps.
- **La commande discrète** : si les variables sont de type binaire, il s'agit alors d'automatismes logiques ou séquentiels.

## 1.6 Réalisation du système

La réalisation de la commande d'un système asservi correspond aux schémas de la figure suivante.

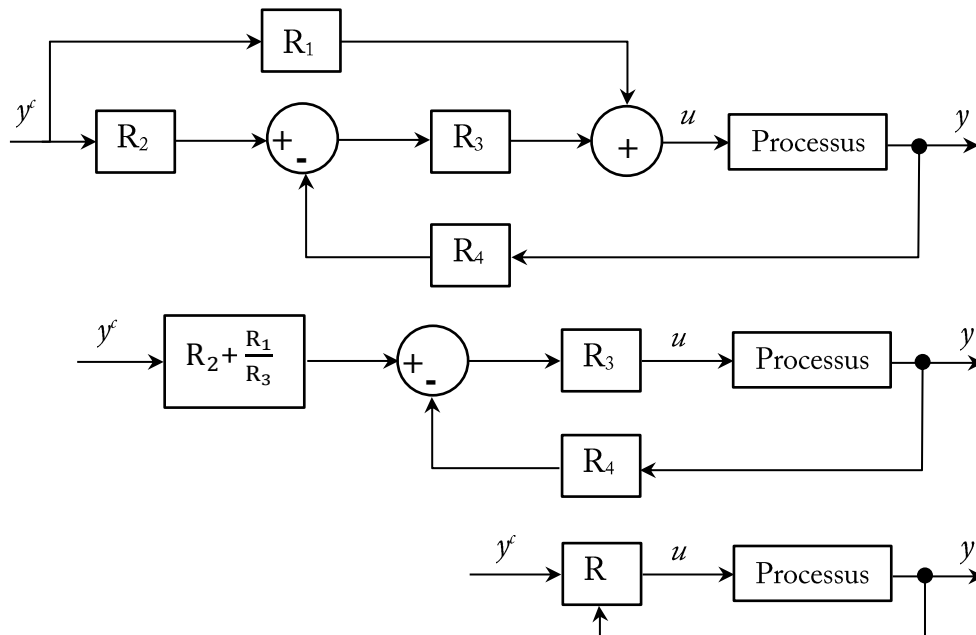


Figure 1.5 Schéma de régulation.

Dans cette représentation on voit apparaître :

- une action directe, en général d'anticipation, caractérisée par le régulateur  $R_1$ ;
- une boucle de retour présentée par le régulateur  $R_4$  et permettant une action par *réaction*;
- une action de *précompensation* par le régulateur  $R_2$  qui effectue un filtrage de la consigne;
- une manipulation par le régulateur  $R_3$  du signal d'écart sortie du discriminateur avec ses divers types d'actions comme par exemple une action intégrale, une limitation du signal de commande  $u$ , etc ...

Dans le cas général, le processus à commander est soumis à des perturbations. Lorsqu'une partie  $p_1$  de ces perturbations est mesurable, il est possible de la prendre en compte (fig. 1.6) afin d'effectuer par l'intermédiaire du régulateur  $R_5$ , une action de précompensation pour limiter l'effet.

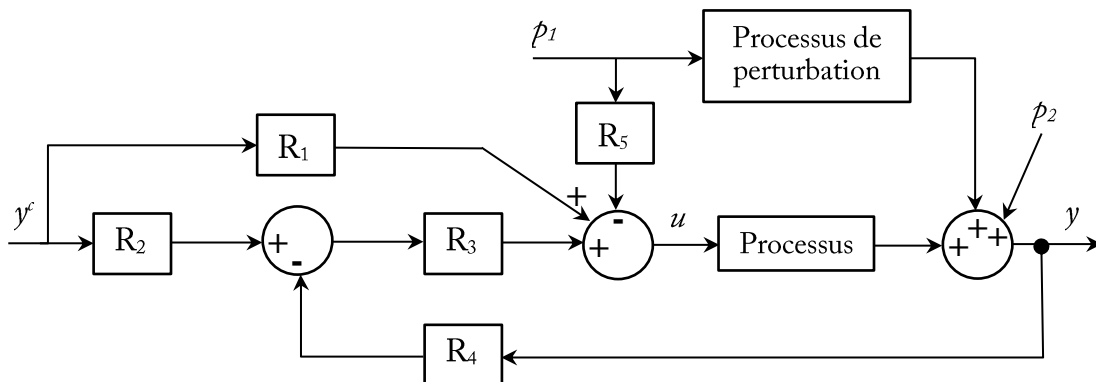


Figure 1.6 Régulation d'un système perturbé.

## 1.7 Intérêts de l'automatique

Les systèmes automatiques permettent de réaliser des opérations qui ne peuvent pas être livrées à l'homme, pour différentes raisons, parmi lesquelles on peut citer :

- la précision (souvent limitée lors de l'intervention humaine),
- le caractère difficile ou impossible de tâches à accomplir dans certains environnements,
- la complexité : à partir d'une certaine échelle (grand nombre de paramètres), la commande manuelle n'est plus faisable,
- la répétition de tâches inutiles,
- la recherche d'une réduction des coûts par l'augmentation du rendement : où l'automatisation permet de réduire beaucoup le rôle de la main d'œuvre dans le prix de revient,
- la recherche de performances élevées (productivité, régularité des produits, coût, rapidité des réponses, etc...), voire de performances maximales (voyager en consommant le minimum de carburant,...).