

Chapitre 1

GENERALITES SUR LES SYSTEMES ASSERVIS

I. Introduction

L'automatique est une discipline dans laquelle l'analyse, la synthèse et la mise en œuvre des systèmes de commande sont étudiées. Le but de la commande d'un procédé (système) est de maintenir certaines variables telles que (température, pression, concentration, position, vitesse, etc...) au voisinage de leurs valeurs désirées, qui peut être fixe ou variable dans le temps.

II. Aperçu sur l'histoire des systèmes de régulation

L'histoire et le développement de la théorie de la commande et des systèmes de commande à contre-réaction sont tracés brièvement comme suit :

1600-1900 : La révolution industrielle débute réellement avec l'avènement des procédés de commande à contre réaction.

1800-1935 : c'est la période préclassique de la théorie de la commande. On peut parler de la représentation mathématique de la théorie de la régulation.

- L'introduction des équations différentielles pour l'étude des systèmes à contre-réaction et mise en évidence du problème à contre réaction et mise en évidence du problème de la stabilité des systèmes bouclés (Lagrange, Hamilton, Routh, Lyapunov en 1892), ...etc.

- Développement des méthodes d'analyse des systèmes dans le domaine fréquentielle (Black en 1927 et Nyquist en 1932)

1948 par Evans : il a défini sa méthode du lieu des racines permettant de déterminer la localisation des pôles en BF.

- introduction du formalisme d'état (Bellman 1957, Pantriaguine 1960).
- Commande échantillonnée (Shannon 1950 et Jury 1960).

III. Terminologie des systèmes asservis

L'automatique peut s'appliquer sur tout ce qui évolue, fonctionne ou se transforme. L'objet sur lequel l'automatique s'applique s'appelle le système.

III.1. Définition d'un système asservi:

Système : d'une manière très simple, c'est un ensemble d'éléments reliés entre eux de telle façon qu'ils forment une entité.

Asservi : il est, en général, pris dans le sens régler, diriger ou commander.

Quelques exemples de systèmes physiques :

a- Système mécanique :

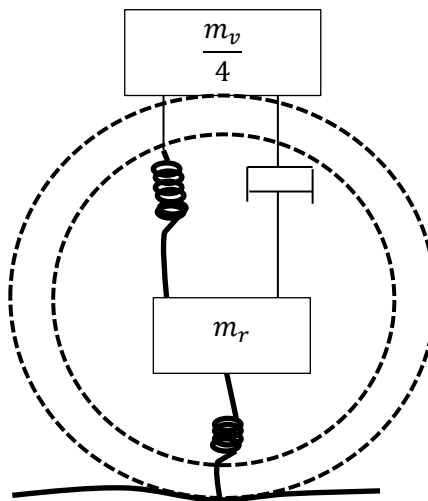


Figure 1 : Schéma de principe d'une suspension représentant un amortisseur de voiture

b- Système électromécanique :

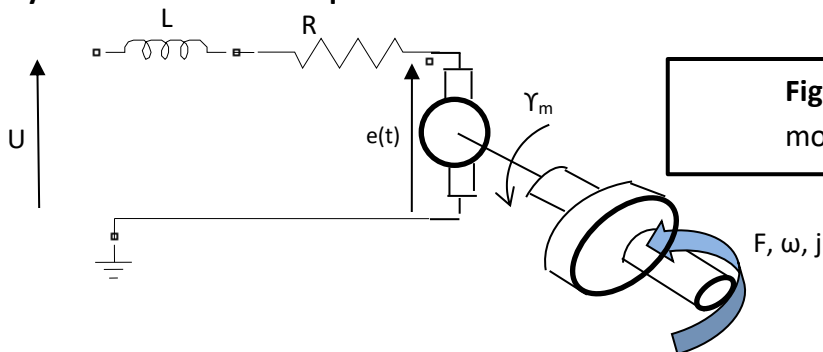
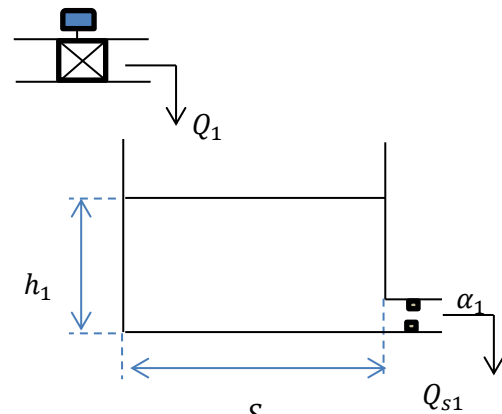


Figure 2 : exemple d'un moteur à courant continu.

c- **Système hydraulique**

Figure 3 : exemple d'un système hydraulique



Beaucoup plus de systèmes physiques peuvent être l'objet d'une étude et d'analyse afin de leur assurer la sortie désirée ou un comportement désiré.

Note : Chaque système se caractérise par ses grandeurs d'entrée et de sortie.

III.1.1. Système linéaire à temps continu

Un système est dit linéaire s'il respecte le principe de superposition, il est souvent représenté par une équation différentielle linéaire à coefficients constants.

Théorème de superposition :

On dit qu'un système de type entrée-sortie est linéaire ou relève du principe de superposition si, à la somme de deux entrées quelconques correspond la somme des deux sorties correspondantes.

Le système est donc dit linéaire si et seulement si pour λ_1 et λ_2 deux nombres quelconques, la réponse à l'excitation $(\lambda_1 u_1(t) + \lambda_2 \cdot u_2(t))$ est $(\lambda_1 \cdot S_1(t) + \lambda_2 \cdot S_2(t))$.

III.1.2. Système à temps invariant

Un système est dit invariant dans le temps si, une même commande appliquée à deux instants différents produit la même sortie relative aux instants considérés.

III.1.3. Système causal

Un système d'entrée $u(t)$ et de sortie $S(t)$ est dit causal si :

$$\forall t < 0, \quad u(t) = 0 \Rightarrow S(t) = 0$$

La réponse du système ne précède jamais son excitation.

III.2. Types de signaux d'entrée

On définit deux natures de signaux d'entrée :

- a- **Commande** : Celle que l'on peut maîtriser pour agir sur le système.
- b- **Perturbation** : Celle que l'on ne peut pas maîtriser.

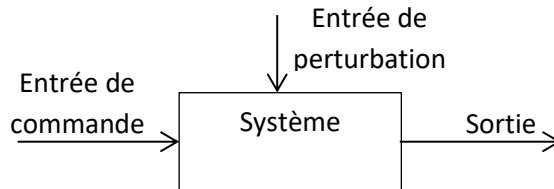


Figure 4 : système soumis à une entrée de commande et d'une perturbation

Exemple : une fuite de chaleur dans une pièce à cause d'une fenêtre cassée.

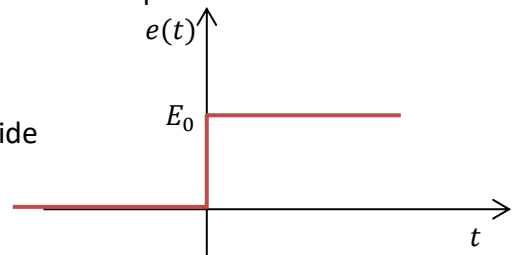
III.3. Signaux typiques utilisés dans un asservissement

Afin d'analyser le comportement d'un système dynamique, on le soumet à des entrées typiques permettant l'analyse de la sortie.

- **Signal échelon** : il représente un signal constant dans le temps dont sa fonction est exprimée par :

$$e(t) = E_0 \times u(t), \text{ tel que } u(t) \text{ est l'échelon de Heaviside}$$

$$\text{avec } \begin{cases} u(t) = 0 & \text{pour } t < 0 \\ u(t) = 1 & \text{pour } t \geq 0 \end{cases}$$



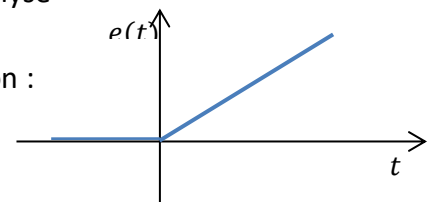
On appelle la réponse d'un système à ce type d'entrée « réponse indicielle ».

- **Signal rampe** : ce signal est généralement utilisé pour l'analyse

d'un système asservi en poursuite, il est représenté par l'expression :

$$e(t) = a \times t \times u(t), \text{ tel que } u(t) \text{ est l'échelon de Heaviside}$$

Et a la tangente de la droite.



On appelle la réponse d'un système à ce type d'entrée « réponse à une rampe ».

- **Signal sinusoïdal** : C'est un signal utilisé pour effectuer une analyse harmonique sur un système. Très utilisé dans la caractérisation d'un filtre électronique.

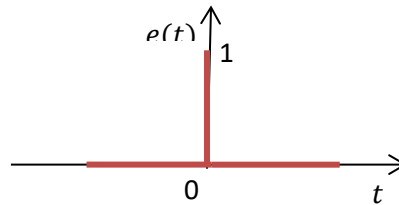
Il est représenté par une fonction :

$$e(t) = E_0 \times \sin(\omega \cdot t).$$

On appelle la réponse d'un système à ce type d'entrée « réponse harmonique ».

- **Signal impulsion de Dirac** : c'est un signal pratiquement irréalisable, elle permet de simuler l'effet d'une action s'exerçant durant un temps très bref tel qu'un choc. Il est défini par :

$$\begin{cases} \sigma(t) = 0, & \forall t \neq 0 \\ \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma(t) \cdot dt = 1, & \forall t = 0 \end{cases}$$



La réponse d'un système à ce signal est appelée réponse impulsionnelle.

III.4. Systèmes en boucle ouverte et en boucle fermée

a- système en boucle ouverte :

Un système est en boucle ouverte lorsque la commande est appliquée sans connaître l'évolution de la sortie du système : il n'y a pas de retour ou de feedback.

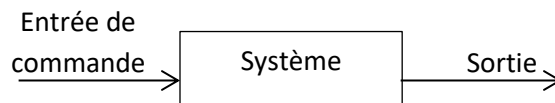


Figure 5 : Schéma fonctionnel d'un système en boucle ouverte

b- système en boucle fermée :

Dans le cas où l'on mesure la sortie, on parle de système en boucle fermée ou feedback

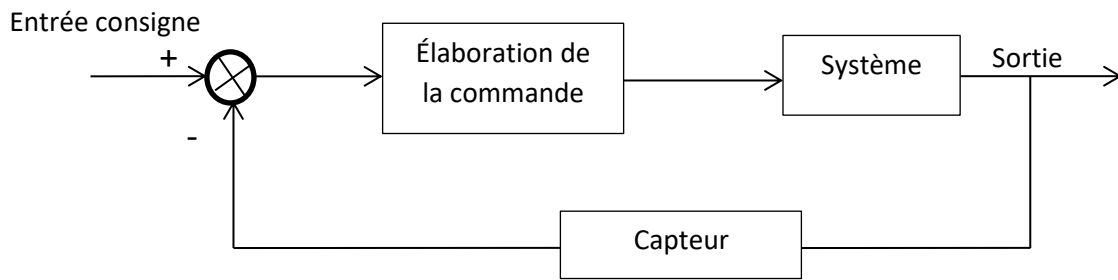


Figure 6 : Schéma fonctionnel d'un système en boucle fermée

Comme le montre le schéma ci-dessus, la commande est en fonction de l'entrée et de la sortie. Pour mesurer ou observer les grandeurs de sortie, on utilise des capteurs. Cette information sur la sortie permet d'élaborer la commande.

III.5. Grandeur de sortie

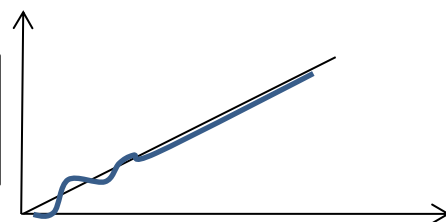
La sortie est une grandeur qui traduit les modifications subies par le procédé sur l'environnement, c'est des grandeurs qui doivent être maintenues aussi proche que possible de la consigne.

IV. Systèmes asservis

On appelle plus communément le système en boucle fermée, système asservi. Dans un asservissement, on peut traiter un problème de :

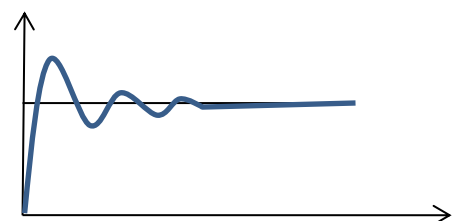
- a- **poursuite** : Lorsque le signal d'entrée consigne est variable dans le temps.

Figure 7 : évolution de la sortie pour une entrée qui varie (problème de poursuite)



- b- **régulation** : Le signal d'entrée consigne est constant.

Figure 8 : évolution de la sortie pour une entrée constante (problème de poursuite)



V. Fonction de l'asservissement

En général, un système asservi est réalisé pour :

- 1- Rendre stable un système instable ;
- 2- Rendre rapide un système lent ;
- 3- Rendre précis un système imprécis ;
- 4- Diminuer ou annuler les effets des perturbations ;
- 5- Diminuer les oscillations d'une réponse, si elles existent ;
- 6- choisir une bonne bande passante pour laquelle le système donne une réponse satisfaisante.

VI. Modèle ou représentation des systèmes continus

Dans le système asservi, pour résoudre un problème, on doit mettre une description de la structure du système et de ses constituants sous une forme mathématique pouvant être analysée, conçu et évaluée.

On emploie dans ce module deux représentations ou modèles mathématiques, qui sont :

- 1- Equation différentielle (représentation du système dans le domaine temporel).
- 2- Fonction de transfert (représentation dans le domaine fréquentiel complexe).

VII. Organisation d'u système en boucle fermée

Dans un système asservi, on trouve les éléments suivants :

- Un capteur pour mesurer la sortie ;
- un comparateur qui élabore l'erreur entre la consigne et la mesure de la sortie ;
- un correcteur qui élabore la commande en fonction du signal (entre la consigne et la sortie)
- un organe de commande qui module le signal d'entrée du système.

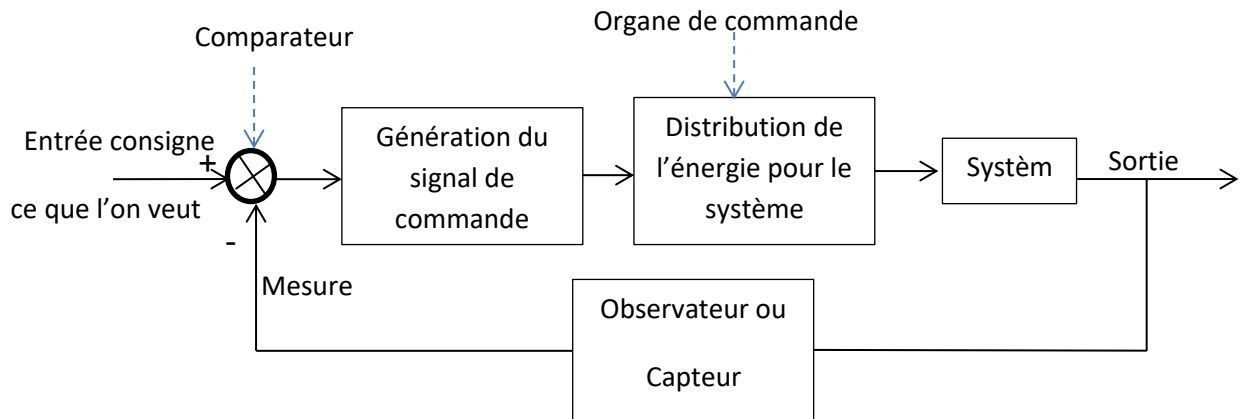


Figure 9 : Schéma fonctionnel d'un système en boucle fermée