# SCIENCES D'INGÉNIEUR

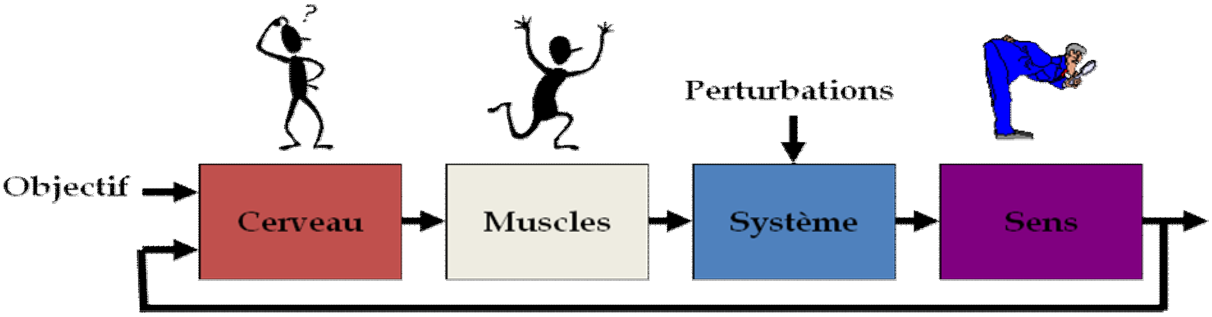
## Chapitre 3 : Systèmes automatiques asservis

**Pr. Fatima BOUYAHIA**
$2^{ème}$ Année
Cycle Préparatoire

# I.1 Introduction

*Qu'est ce qu'un système asservi ? Et pourquoi l'asservissement ?*

Exemple de système asservi : l'HOMME




Le cerveau selon ***les informations d'état*** qu'il reçoit à partir de différents capteurs sensoriels et qui sont véhiculées par les fibres du son système nerveux, fournit après réflexion consciente ou Inconsciente les ***ordres*** qui vont déclencher des actions.

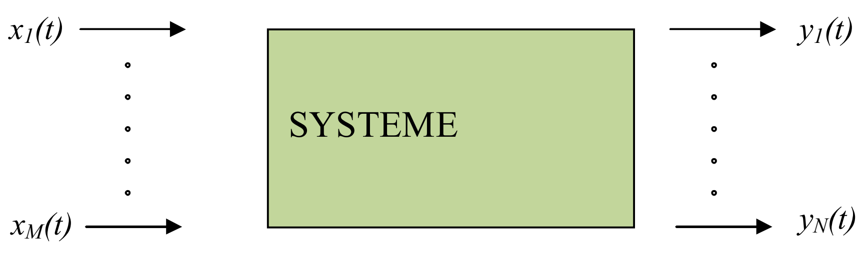
On trouve deux types de Systèmes asservis :

- <u>Régulations</u> : l'objectif est de maintenir une grandeur constante malgré la présence de perturbations
  - ✓ ex : chauffage domestique
- <u>Asservissements</u> : l'objectif est de faire suivre une loi non fixée à l'avance à une grandeur physique
  - ✓ ex : radar, poursuite d'une trajectoire

# I.2Notion de système

## *I.2.1Définitions*

Un **système** peut être défini comme un ensemble d'éléments exerçant collectivement une fonction déterminée. Un système communique avec l'extérieur par l'intermédiaire de grandeurs, fonctions du temps, appelées signaux.
Les signaux de sortie d'un système sont aussi appelés **réponse du système**.




***<u>Remarque</u>***: en général les signaux d'entrée et de sortie d'un système ne sont pas de même nature. De plus $N$peut être différent de $M$.
Les systèmes à une entrée et une sortie (cas où $N = 1$, $M = 1$) sont appelés systèmes univariablesou **systèmes scalaires**.
***<u>Exemple</u>*** :

***<u>Système linéaire :</u>***

Un **système** est dit **linéaire** si la réponse de ce système à une combinaison linéaire de signauxd'entrée est égale à la combinaison linéaire des réponses:
si on applique en entrée $x(t) = u.x_1(t) + v.x_2(t)$
on obtiendra en sortie $y(t) = u.y_1(t) + v.y_2(t)$
Cette propriété des systèmes linéaires est aussi appelée **principe de superposition**.

***<u>Système invariant :</u>***

Un **système** est dit **invariant** si la réponse du système à un signal $x(t)$ différé d'un temps $\tau$est la même que la réponse $y(t)$ du système mais différée de $\tau$.

Un système invariant est aussi appelé système à paramètres constants localisés ou à constantes localisées.
Cette propriété des systèmes invariants est aussi appelée principe de permanence.
**Exemples:**

**Moteur :**

*Courant* ⟶ MOTEUR ⟶ *Couple*

Si on néglige l'usure, le moteur n'évolue pas dans le temps: le système est invariant.

**Fusée :**

*Débit de Propergols* ⟶ FUSEE ⟶ *Accélération*

La masse de la fusée diminue au cours de son ascension : pour un même débit de propergols, l'accélération augmente avec le temps : le système est variant.

***<u>Système dynamique :</u>***

Une transformation des entrées dans les sorties est dite **dynamique** lorsque les éléments de sortie *y(t)* dépendent non seulement des valeurs présente des entrées *x(t)* mais également de celles des sorties antérieurs*y(u), u<t.*
Afin de pouvoir étudier, concevoir et commander les systèmes dynamiques il convient de les modéliser en s'appuyant mathématiquement sur les lois physiques qui régissent les phénomènes mis en jeu.

**Les systèmes physiques décrits par des équations différentielles linéaires à coefficient constants constituent une classe importante des systèmes dynamiques.**

### *I.2.2 Comportement des systèmes*

*Signaux d'entrée canoniques :*

1) **Entrée impulsion**

2) **Entrée Echelon (*ou indicielle*)**

3) **Entrée rampe**

4) **Entrée sinusoïdale**

*Critères dans les réponses d'un système asservi :*

1) **Précision :**

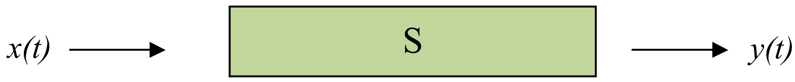
2) **Rapidité :**

3) **Stabilité (*et amortissement*)**

## I.3 Transformée de Laplace et fonction de transfert

### *I.3.1Produit de convolution*

La description d'un système S donné :




S'appuie sur l'équation (ou les équations) qui relie la sortie au signal d'entrée.

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \cdots + a_0\, y = b_n \frac{d^n x}{dt^n} + b_{n-1} \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \ldots + b_0\, x$$

La résolution de cette équation différentielle permet d'exprimer la sortie par une intégrale de convolution :

$$y(t) = y(t) = \int_{-\infty}^{t} e(\tau).h(t-\tau)\, d\tau$$

Soit la définition du produit de convolution :

$$y(t) = e(t) * h(t)$$

La fonction $h(t)$ représente le modèle du système S. Elle caractérise le comportement dynamique de S.

***Remarque :***

Si S est sollicité par une entrée impulsionnelle (Dirac), alors $y(t)$ = ……….

### *I.3.2Fonction transfert*

La fonction transfert d'un système monovariable initialement au repos est la transformée de Laplace de la réponse impulsionnelle :

$$H(p) = L\,[h(t)]$$

La propriété importante de la transformée de Laplace est de transformer un produit de convolution dans l'espace temporelle en un produit simple dans l'espace de Laplace

Si

$$y(t) = e(t) * h(t)$$

Alors : ………………………………………………

### *I.3.3Transformée de Laplace*

La transformée de Laplace est l'une des modèles mathématiques les plus utilisés pour comprendre, analyser, décrire et faire la synthèse des systèmes asservis.

Dans notre analyse nous aurons besoin d'un théorème qui concerne les équations de forme polynomiale. Il s'agit du théorème de Bézout.

### *I.3.4 Transformée de Laplace inverse*

***Exemple :***

Apartir d'une fonction transfert H(p) dans le domaine de Laplace, déterminer dans le domaine temporel, la sortie s(t) pour une entrée échelon unitaire.

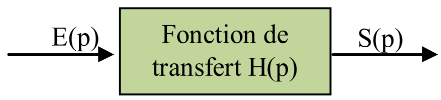
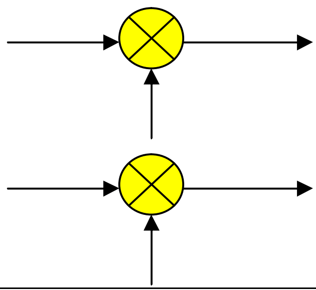
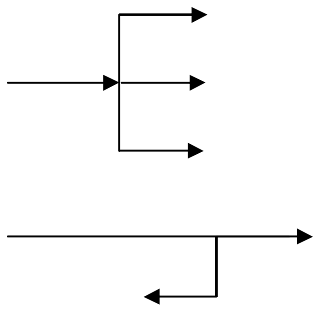
1) $H(p) = 1 / p^2$
2) $H(p) = (p+1)/ (p^2 + p + 1)$

## I.4Schémas blocs ou diagramme fonctionnel

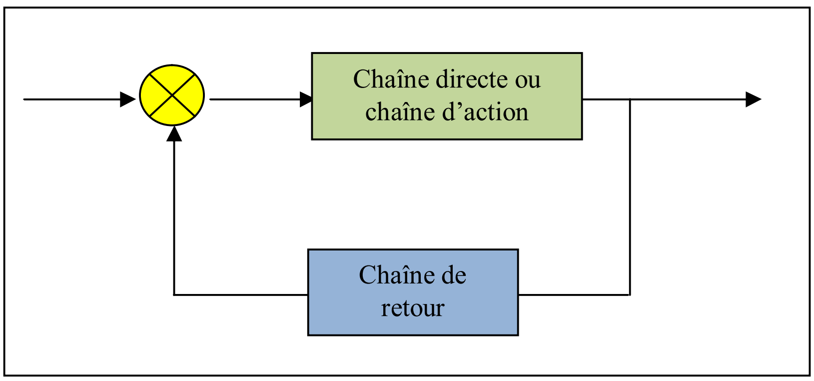
Les schémas blocs sont le mode de représentation le plus usuel des systèmes bouclés. Ils permettent des décrire sous forme de graphe un système asservis et les interactions qui existent entre les différentes parties.

### *I.4.1Eléments de base*

Le tableau ci-dessous regroupe les éléments de base des schémas blocs :

| *Eléments* | *Schématisation* |
|---|---|
| ***Bloc :*** |   |
| ***Sommateur ou comparateur :*** |  |
| ***Lignes de liaisons et point de prélèvement :*** |  |

### *I.4.2 Structure en boucle fermée*



## I.5 Domaine Temporel

L'étude dans le domaine temporelle implique que les entrées des systèmes soient des entrées standards.

### *I.5.1Schéma Bloc et algèbre correspondant*

Schéma bloc d'un asservissement :
Notations:
H(p) :

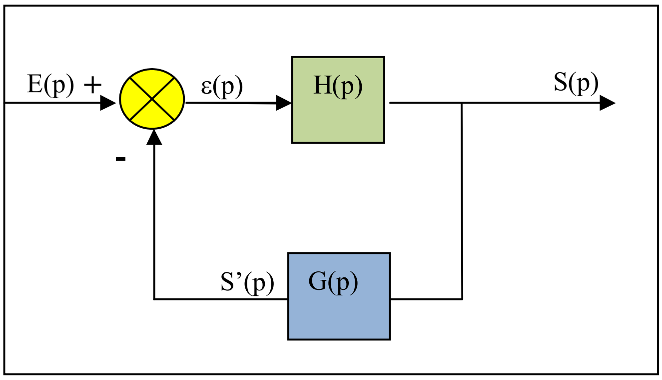
G(p) :

E(p) :

S(p) :

B(p) :

ε(p) :




**Forme canonique des systèmes asservis**

### *I.5.2 Fonction de transfert su système en boucle fermée (FTBF)*

Le point de calcul d'une FTBF se fait à la sortie du système.
On a :
FTBF = S(p) / E(p)

On a : S(p) = H(p) ε(p)

Or : ε(p) = ……………………

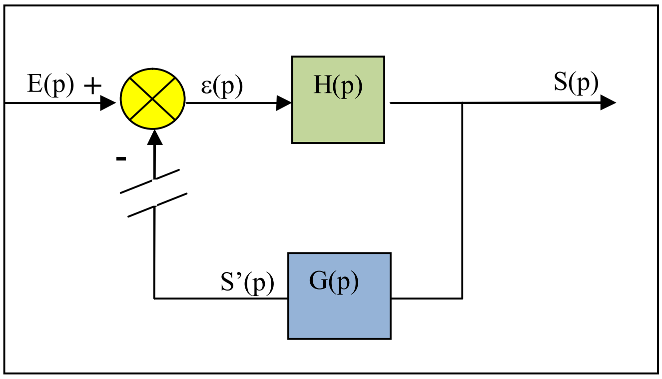
Et B(p) = ……………………..

D'où : S(p) / E(p) = H(p) / [1 + H(p) G(p)]

Ainsi : **FTBF =** ________________________________

### *I.5.2 Fonction de transfert su système en boucle ouverte (FTBO)*

Le système en boucle ouverte correspond au système fermé sans boucle de rétroaction, autrement dit, on ouvre ou on fait une coupure dans la chaine de retour.




Le point de calcul d'une FTBO se fait sur la chaine de retour avant le Sommateur.

| |
|---|
| **FTBO** = ………………………………………………………….. |

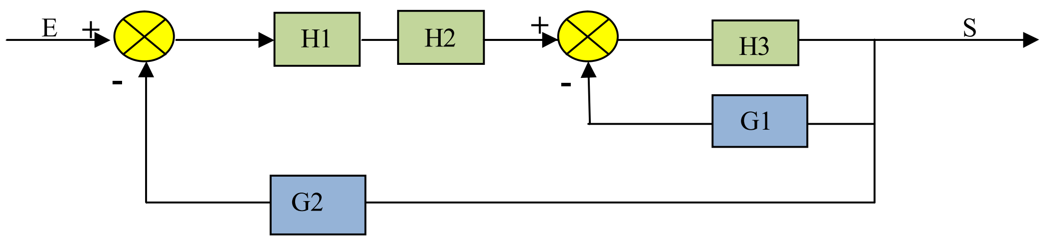
***Remarque*** : La FTBO est utilisée pour analyser les performances et le comportement de celle en boucle fermée (FTBF).

### *I.5.3 Transformation et réduction de schémas bloc*

Des opérations conventionnelles appliquées aux blocs sont regroupées sur le tableau ci-dessous :

***<u>Réduction d'un schéma bloc :</u>***

*Exemple 1* :




*Exemple 2* :