

Chapitre 1 : Généralité sur les systèmes et systèmes asservis

1. Automatique : c'est une science technique qui permet de maîtriser le comportement d'un système (traduit par ses grandeurs de sortie), en agissant de manière adéquate sur ses grandeurs d'entrée.

2. Définition d'un système :

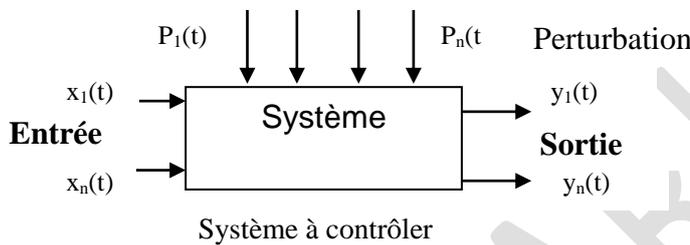
Un système est un ensemble d'éléments matériels agissant et réagissant les uns sur les autres, sous l'effet de leur propre fonctionnement et des actions extérieures. Ces actions peuvent être :

- De commande
- De perturbation

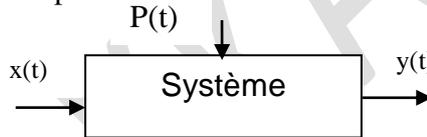
$x_1(t) \dots x_n(t)$ pour les signaux d'entrée de commande.

$Y_1(t) \dots y_m(t)$ pour les signaux de sortie.

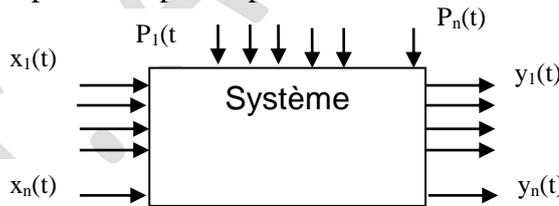
Les signaux de sortie d'un système sont aussi appelés réponse du système.



2.1. Système monovariabile : une seule entrée et une seule sortie
SISO : single input-single output.



2.2. Système multivariable : plusieurs entrées et plusieurs sorties appliqué au système
MIMO : multiple input- multiple output

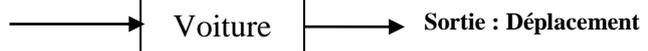


Exemples :

a) **Moteur à courant continu**



b) **Voiture** Entrée : Accélérateur



c) **Circuit RC**

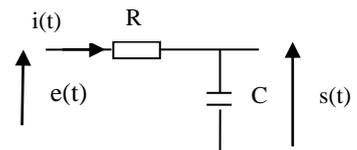
Soit le circuit électrique suivant :

$$e(t) = R \cdot i(t) + \frac{1}{c} \int i(t) dt$$

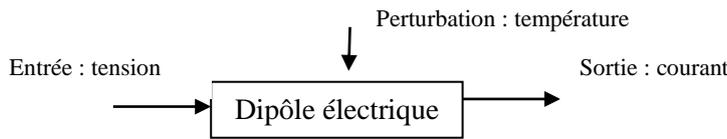
$$\text{Avec : } s(t) = \frac{1}{c} \int i(t) dt$$

$$\frac{ds(t)}{dt} = \frac{1}{c} i(t) \Rightarrow c \frac{ds(t)}{dt} = i(t)$$

$$\text{On a donc l'équation du système : } R \cdot C \frac{ds(t)}{dt} + s(t) = e(t)$$



d) Dipôle électrique

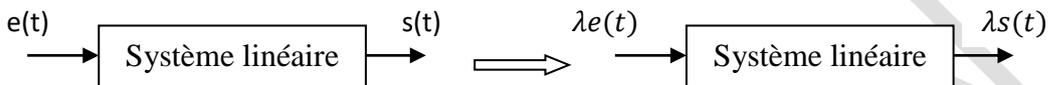


3. Classification des systèmes :

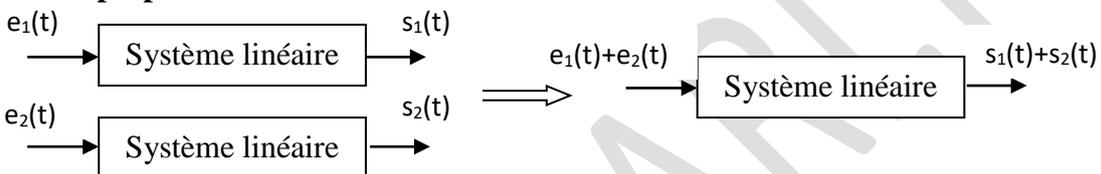
3.1. Systèmes linéaire : Un système est dit **linéaire** si la fonction qui le décrit est elle-même linéaire. Cette dernière vérifie alors le principe de proportionnalité et de superposition:

a) Proportionnalité :

Si $s(t)$ est la réponse à l'entrée $e(t)$ alors $\lambda s(t)$ est la réponse à $\lambda e(t)$.

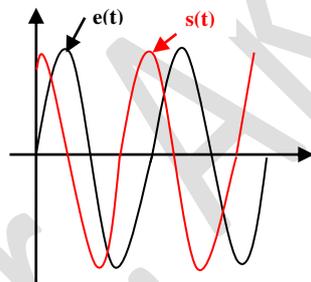


b) Superposition :

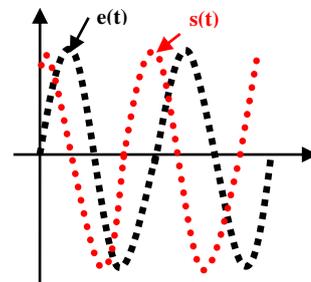


3.2. Système continu :

Un système est continu, par opposition à un système discret, lorsque les variations des grandeurs physiques le caractérisant sont des fonctions à temps continu et que l'on peut donc définir ces grandeurs à tout instant. On parle aussi dans ce cas de système analogique.



Système continu

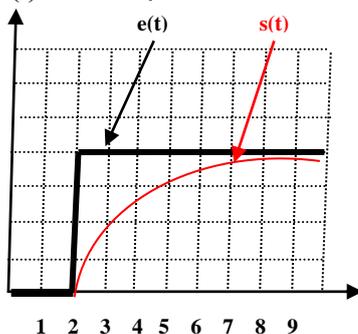


Système discret

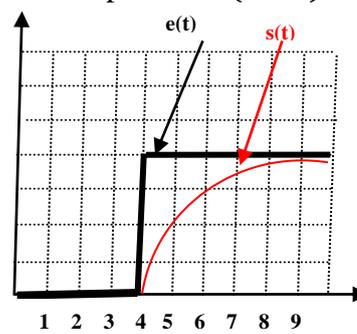
3.3. Système invariant (stationnaire) :

Un système est dit invariant si on suppose que les caractéristiques du système (masse, dimensions, résistance, impédance, ...) ne varient pas au cours du temps.

Si $s(t)$ est la réponse à l'entrée $e(t)$ alors $s(t - \tau)$ est la réponse à $e(t - \tau)$



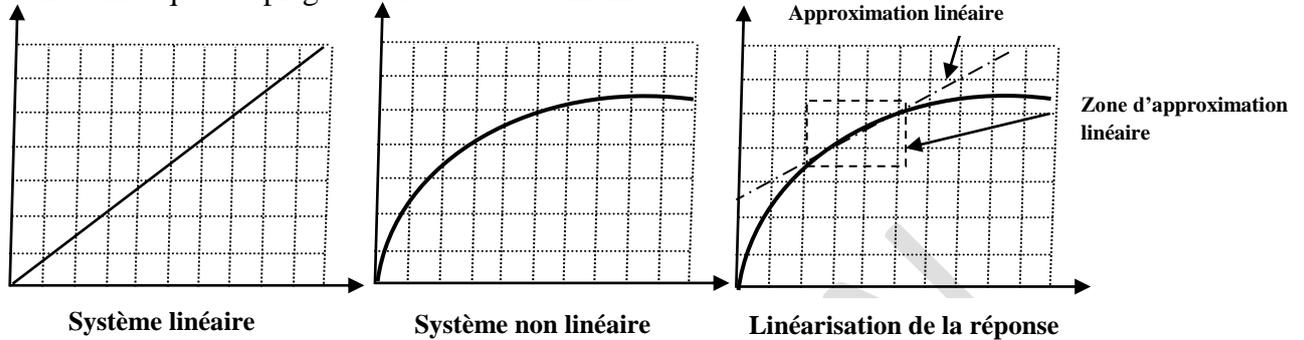
Entrée échelon au temps $t=2s$



Entrée échelon au temps $t=4s$

3.4. Systèmes non linéaires :

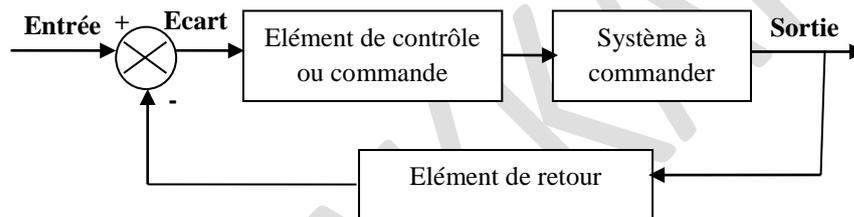
La plupart des systèmes physiques ne sont pas linéaires ne sont pas linéaires sur toute La totalité de leur domaine d'application. Cependant dans de nombreux cas, ils ne sont utilisés que sur plage réduite de leur domaine.



4. Notion des systèmes asservis linéaire :

4.1. Définition :

Un système asservis est un système bouclé dans lequel la grandeur de retour est comparée à la grandeur d'entrée par élaboration d'un signal, appelé écart. Ce signal écart est adapté et amplifié afin de commander la partie opérative.



Exemples de systèmes asservis :

Pour les systèmes technologiques :

- pilotage automatique des avions et des bateaux.
- contrôle de température dans les salles et les fours
- régulation de vitesse des moteurs.

Un système asservis se décompose en deux autres sous branches (séparées artificiellement par l'usage) :

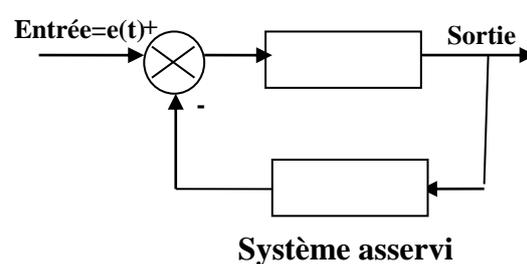
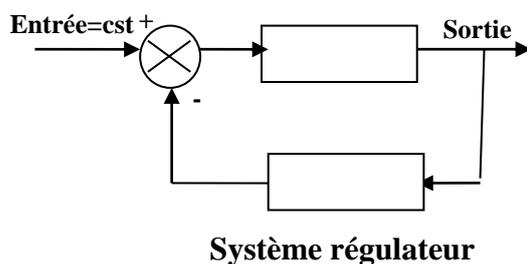
A. Régulation : est un système asservi destiné à maintenir en sortie une grandeur constante pour une consigne constante sans intervention humaine.

Exemple : régulation de la température d'une salle.

Régulation en vitesse d'un moteur.

B. Asservissement (ou systèmes suiveurs) : est un système asservi dont la consigne varie dans le temps. L'objectif de ce système est d'ajuster en permanence le signal de sortie au signal d'entrée.

Exemple : (Radar de poursuite, fusée,...).



4.2. Classification des systèmes asservis : les systèmes asservis sont classés en deux classes :

- 1) Système asservi en boucle ouverte (BO)
- 2) Système asservi en boucle fermée (BF)

4.2.1. Système commande en boucle ouverte (BO) : c'est un système asservi où le signal de commande (entrée) est indépendant du signal réglé (sortie).

Dans ce cas, la commande est envoyée en entrée sans contrôle sur les sorties.

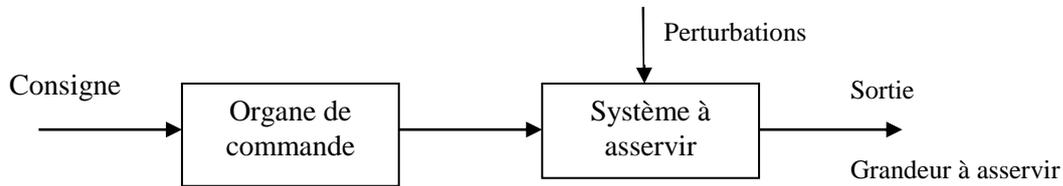
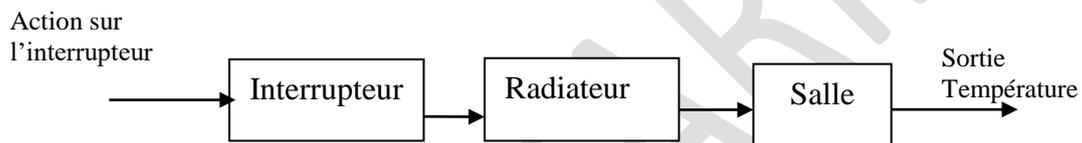


Schéma d'un système de commande en boucle ouverte

Exemple : on veut chauffer une salle par un radiateur électrique, l'interrupteur commande la température de la salle.

- Exemple : *température d'une salle*



- **Caractéristique d'un système asservi linéaire en BO :**

- 1) Réalisation pratique généralement facile et moins coûteuse ;
- 2) Précision faible, risque d'instabilité (erreur entre l'entrée et la sortie) ;
- 3) Rapidité moins rapide que SBF.

4.2.2. Système commandé en boucle fermée (BF) : un système asservi fonctionne en boucle fermée si le signal de sortie est comparé à la consigne (entrée) et d'agir sur le système en conséquence.

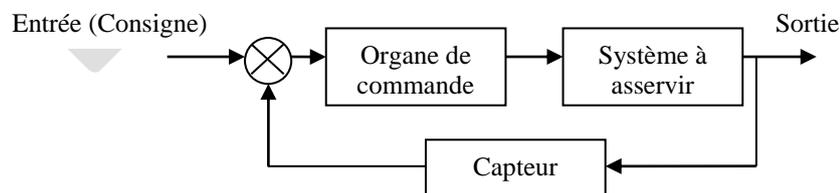
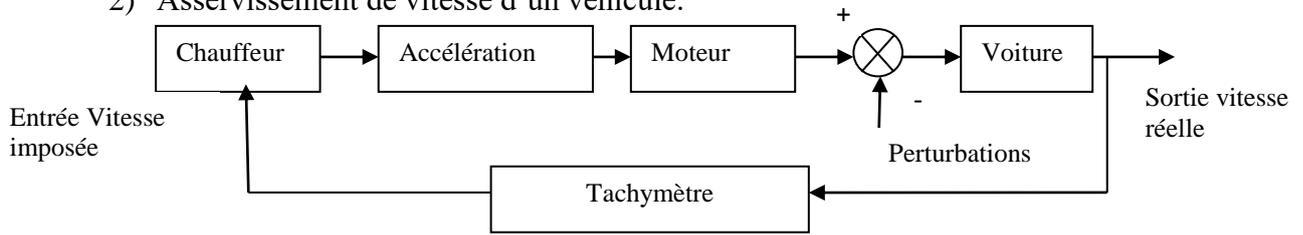


Schéma d'un système de commande en boucle fermée

Exemples :

- 1) fer à repasser. Si T supérieure Ts (déclenchement automatique).
- 2) Asservissement de vitesse d'un véhicule.



• Caractéristique d'un système asservi linéaire en BF :

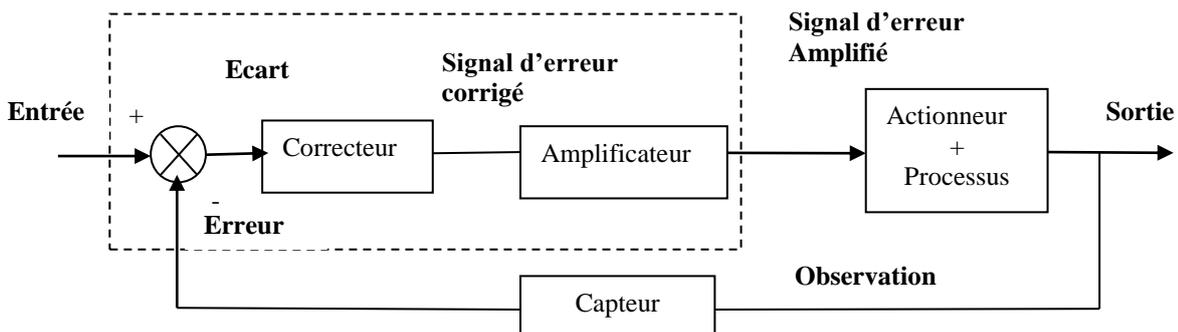
- 1) Réalisation pratique plus difficile (système plus complexe) ;
- 2) Plus précis ;
- 3) Plus rapide mais risque d'oscillations.

4.2.2.1. Organisation d'un système en boucle fermée :

Dans un système en boucle fermée, on trouve les éléments suivants :

- 1) **Régulateur** : il comporte :
 - a) **Comparateur (détecteur de l'écart)**: Système à deux entrées et une sortie qui compare la consigne (entrée) et l'image de la grandeur à asservir. À la sortie du comparateur, on trouve l'erreur (ou écart) entre ces deux informations.
 - b) **Le correcteur** : installé entre le détecteur d'écart (comparateur) et l'amplificateur, permet d'améliorer les performances d'un système asservi linéaire (précision, temps de réponse.....) exemple : PD, PI, PID.
 - c) **L'amplificateur** : il délivre la puissance nécessaire d'entrée à l'actionneur exemple : amplificateur électronique, hydraulique.....
- 2) **Actionneur** : c'est un élément qui commande le système asservi. Sa fonction fondamentale est de donner l'exécution.
- 3) **Capteur** : il contrôle la grandeur asservie (valeur de la sortie) et rend compte au régulateur.
- 4) **Consigne** : la consigne, est la grandeur réglant du système, c'est ce que l'on veut obtenir.
- 5) **Perturbation** : variable aléatoire dont on ne connaît pas l'origine.
- 6) **Grandeurs de sorties** (variables à contrôler): elles sont fabriquées par le système et elles dépendent de ce dernier, évoluant à partir de l'état initial sous l'action de la grandeur d'entrée.

Régulateur



5. Nature des signaux d'entrée d'un système asservi : Pour étudier le comportement d'un système asservi, on le sollicite avec des signaux canoniques qui permettent de caractériser des fonctionnements particuliers.

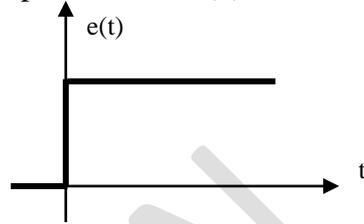
a) Échelon (Heaviside) : L'échelon est le signal de base d'étude des systèmes asservis. Il permet d'étudier le comportement du système lorsqu'on on lui applique une consigne constante. Il est généralement noté $u(t)$.

L'échelon unitaire est appelé fonction de *Heaviside* et parfois noté $H(t)$.

L'échelon est défini par :

$$e(t) = A. u(t) = \begin{cases} 0 & \forall t < 0 \\ A & \forall t \geq 0 \end{cases}$$

Où $u(t)$: est échelon unité, A : l'amplitude



Dans le cas particulier ou $A=1$, ou $e(t) = u(t)$ est un échelon

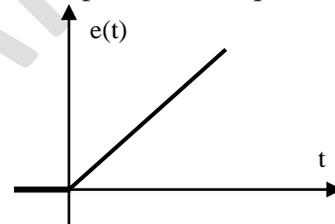
$$e(t) = u(t) = \begin{cases} 0 & \forall t < 0 \\ 1 & \forall t \geq 0 \end{cases}$$

La réponse du système est dite réponse indicielle

b) Rampe (Echelon de vitesse) :

L'entrée en rampe permet d'étudier le comportement dynamique d'un système et principalement sa capacité à suivre une consigne variable. La rampe est définie par :

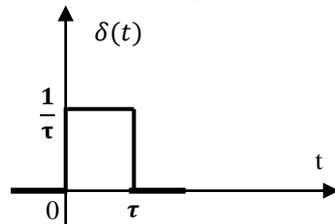
$$e(t) = \alpha. t. u(t) = \begin{cases} 0 & \forall t < 0 \\ \alpha. t & \forall t \geq 0 \end{cases}$$



d) Impulsion de Dirac

Une impulsion est une fonction du temps de durée très courte mais l'amplitude est suffisamment grande. L'impulsion est dite unitaire si la surface est égale à 1.

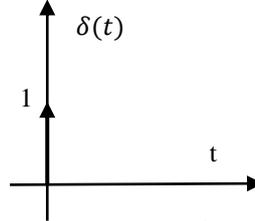
$$\delta(t) = \begin{cases} 0 & \text{pour } t \leq 0 \text{ et } t \geq \tau \\ \lim \frac{1}{\tau} & \text{pour } 0 < t < \tau \end{cases}$$



$\delta(t)$ est définie par: $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = 1$ (ce qui est équivalent à la surface unitaire)

Elle est appelée aussi impulsion de DIRAC

$$\delta = \begin{cases} 0 & \text{pour } t < 0 \text{ et } t > \tau \\ 1 & \text{pour } 0 < t < \tau \end{cases}$$



d) Sinusoïdal : L'entrée sinusoïdale permet d'étudier le comportement fréquentiel du système en faisant varier la pulsation du signal.

Le signal sinusoïdale est défini par :

$$\begin{cases} t < 0: & e(t) = 0 \\ t \geq 0: & e(t) = A. \sin(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

A : l'amplitude

