

Chapitre 1 : Introduction aux systèmes asservis

1.1 Rappelé sur la théorie de signal

Un signal est une représentation physique de l'information. Le bruit est tout phénomène perturbateur gênant l'interprétation du signal. Sur le plan analytique, un signal sera une fonction d'une variable réelle, généralement le temps.

Exemple

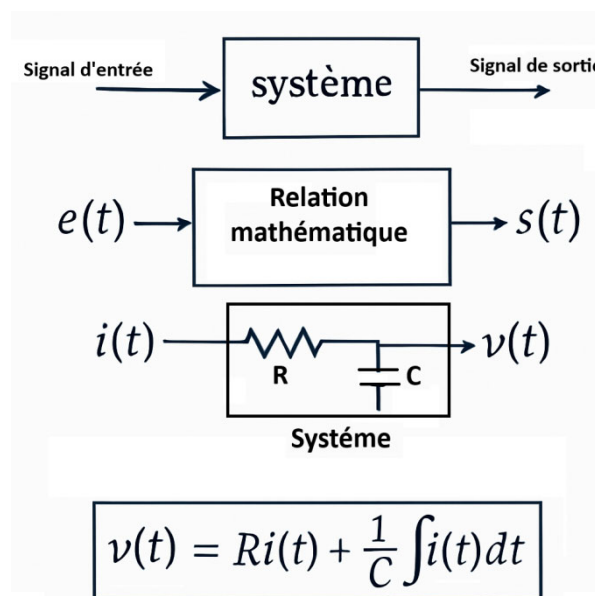
- 1- Signal audio ;
- 2- Signal vidéo noir et blanc ;
- 3- Signal vidéo couleur.

1.2 Traitement de signal

Les signaux sont traités afin d'extraire l'information qu'ils contiennent. L'extraction de l'information est une opération parmi les 4 cas suivants :

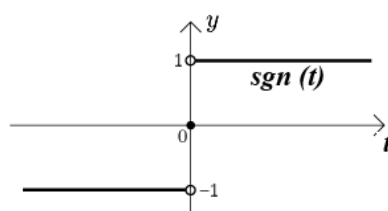
- 1- Analyse ;
- 2- Prédiction ;
- 3- Reconnaissance ;
- 4- Modélisation : qui est une opération qui consiste à décrire le comportement d'un système parmi un ensemble de relation mathématique qui relie la sortie et l'entrée.

Exemple



1.3 Signaux usuels

1.3.1 La fonction signe :

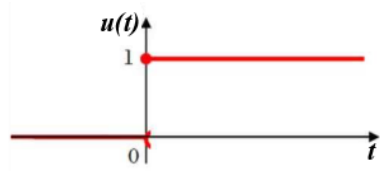


Cette fonction définit un signal selon la formulation suivante :

$$\text{sgn}(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t > 0 \\ -1 & \text{si } t < 0 \end{cases}$$

$$\text{sgn}(t) = \frac{t}{|t|}, t \neq 0$$

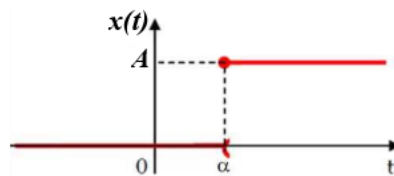
1.3.2 Signal échelon unitaire



Cette fonction peut se définir à partir de la fonction signe

$$u(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t > 0 \\ 0 & \text{si } t < 0 \end{cases}$$

1.3.3 Signal échelon décalé dans le temps

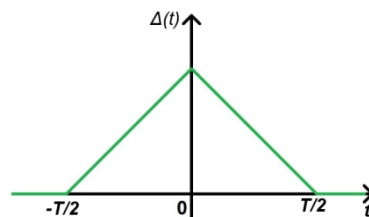


$$x(t) = A u(t - \alpha)$$

$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{si } t < \alpha \\ A & \text{si } t > \alpha \end{cases}$$

1.3.3 Signal triangulaire

Un signal triangulaire est déterminé par :

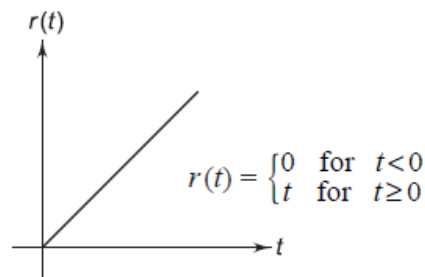


$$\Delta(t) = \begin{cases} at + b & 0 < t < \frac{T}{2} \\ -at + b & -\frac{T}{2} < t < 0 \end{cases}$$

1.3.4 Fonction rampe

Elle peut se définir à partir de la fonction échelon comme suit :

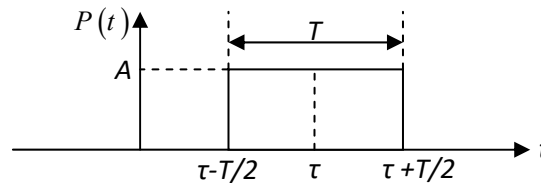
$$r(t) = \int_0^t u(\tau) d\tau = tu(t)$$



Inversement : $u(t) = \frac{dr(t)}{dt}$ pour : $r(t) \neq 0$

1.3.5 Fonction rectangulaire

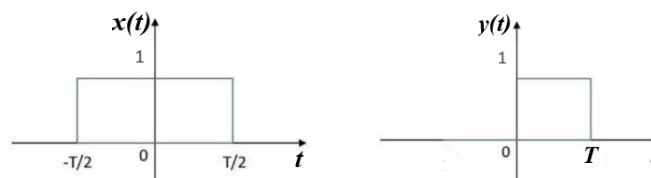
On l'appelle aussi fonction porte ou fenêtre, les signaux rectangulaires sont représentés par la formule suivante :



$$P(t) = A \operatorname{Rect}\left(\frac{t - \tau}{T}\right)$$

Avec : A est l'amplitude, τ est le centre et T est la longueur du signal.

Cette fonction joue un rôle important, elle permet de limiter un signal sur une longueur T . d'une autre manière on peut représenter cette fonction par :



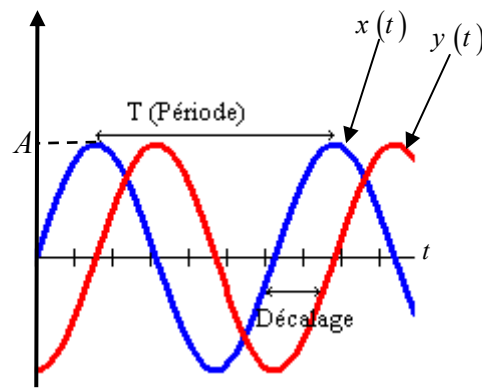
$$x(t) = \operatorname{Rect}\left(\frac{t}{T}\right) = u\left(t + \frac{T}{2}\right) - u\left(t - \frac{T}{2}\right)$$

$$y(t) = \operatorname{Rect}\left(\frac{t - \frac{T}{2}}{T}\right) = u(t) - u(t - T)$$

1.3.5 Fonction sinusoïdale

Cette fonction est la forme $x(t) = A \sin(\omega t)$ Avec : A est l'amplitude, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$, f est la fréquence et T est la période.

Si $x(t)$ est décalé dans le temps on aura $y(t) = B \sin(\omega t + \varphi)$

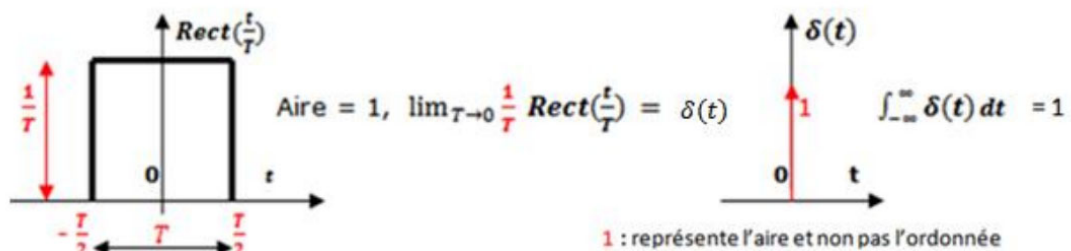


1.3.6 Impulsion de Dirac

La distribution de Dirac (appelée par abus fonction de Dirac) est beaucoup utilisée en traitement du signal. L'impulsion unité notée ($\delta(t)$), aussi appelée impulsion de Dirac (Paul Dirac, Physicien anglais 1902-1984) ou distribution delta est définie par :

$$\delta(t) = \begin{cases} +\infty & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases} \quad \text{et } \delta(t) \text{ est caractérisé par la propriété : } \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = 1$$

On peut aussi lui donner une définition pratique comme suit :



Et on peut écrire :

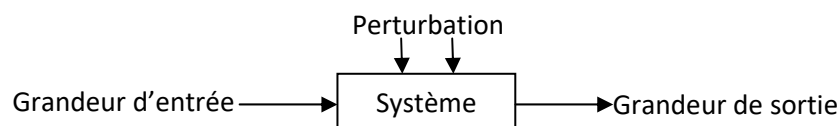
$$\begin{cases} \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = u(t) \\ \delta(t) = \frac{du(t)}{dt} \end{cases}$$

1.2 Notion de systèmes asservis

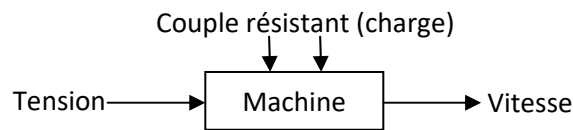
1.2.1 Définitions

1.2.1.1 Définition 1

Un système est assemblage d'élément matériel agissant et réagissant les uns sur les autres cette action peut être sous l'effet de leur propre fonctionnement et sous l'effet des actions extérieures (perturbation).



Exemple



1.2.1.2 Définition 2

Tout système sous l'effet d'un signal d'entrée (signal de commande) il fournit un signal de sortie tel que la nature du signal dépend de la nature du signal d'entrée donc asservir un système c'est obliger la sortie à se comporter à l'image de l'entrée en présence de perturbation.

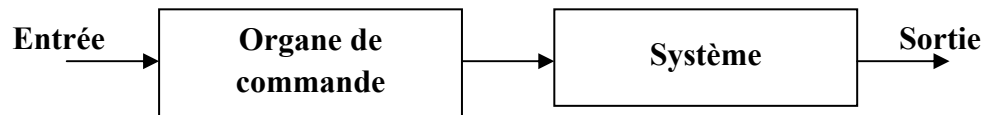
1.4 classification des systèmes asservis

Les systèmes asservis sont classés en deux classes :

- 1- Systèmes asservis en boucle ouverte (BO) ;
- 2- Systèmes asservis en boucle fermée (BF) ;

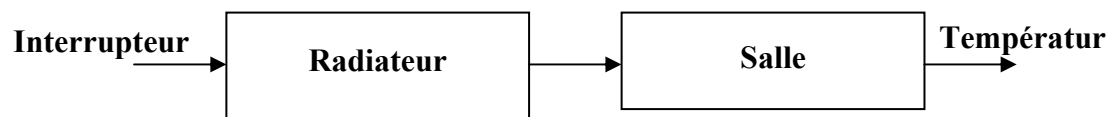
1.4.1 Systèmes asservis en boucle ouverte (BO)

C'est un système où le signal de commande (l'entrée) est indépendant du signal de sortie.



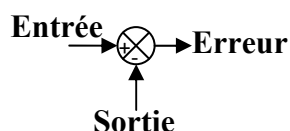
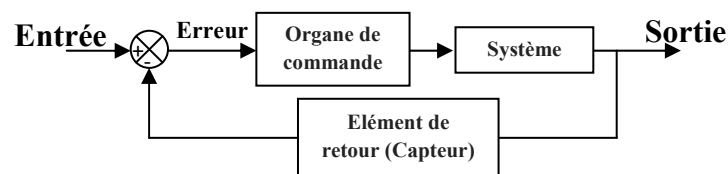
Exemple

Chauffer une salle par un radiateur



1.4.2 Systèmes asservis en boucle fermée (BF)

C'est un système où ce signal d'entrée dépend du signal de sortie. Le schéma générale d'un système asservi en BF est schématiser par :



C'est un élément qui établit la différence entre l'entrée et la sortie (l'erreur) appliquée à l'entrée de l'organe.

Elément de retour : elle est caractérisé par un capteur qui convertie le signal de sortie en signal de même nature que le signal d'entrés.

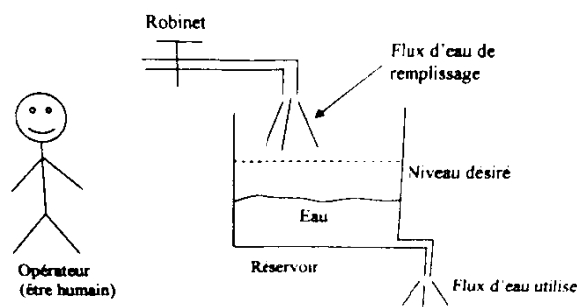
1.4.3. Comparaison entre système en BO et système en BF

Système en BO	Système en BF
Réalisation pratique facile	Réalisation pratique difficile
Moins précis et risque d'instabilité	Plus précis
Moins rapide	Risque d'oscillation

Exemple 1

Faire a repassé si $T > T_s$ (le déclenchement automatique)

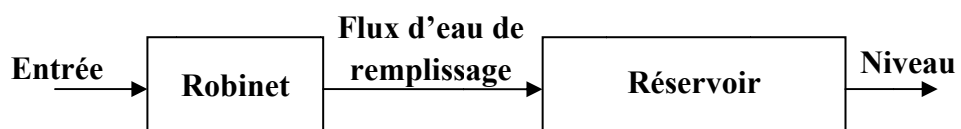
Exemple 2 Nous voulons décrire sous forme d'un système asservis du processus physique suivant :



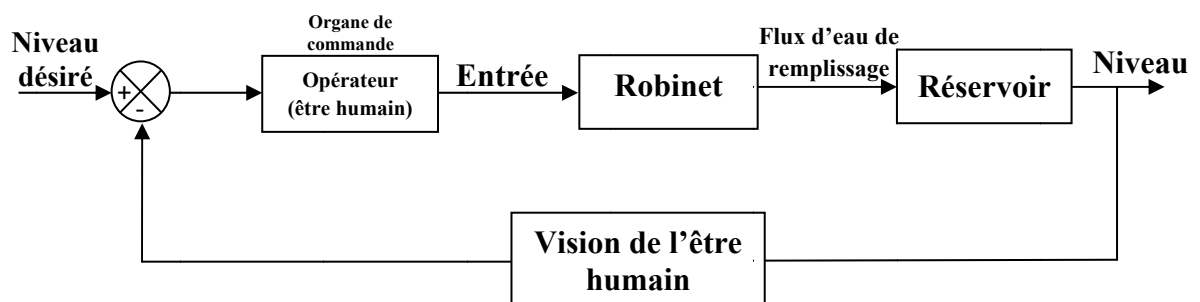
- 1- Proposer un schéma du système en BO ;
- 2- Proposer un schéma du système en BF ;

Solution

- 1- Le schéma du système en BO est représenté par :



- 2- Le schéma du système en BF est représenté par :



1.4.4. Généralités sur les systèmes asservis linéaire :

1.4.4.1 Définition

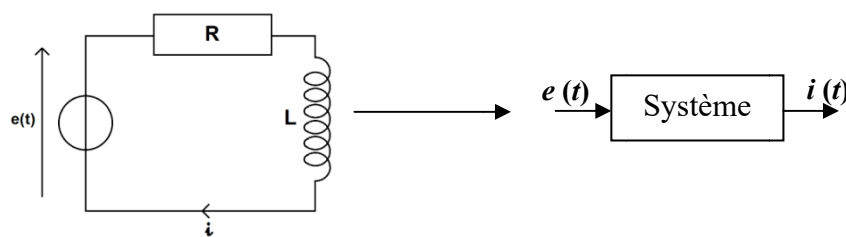
Un système dit linéaire si la relation entre les grandeurs de sortie et les grandeurs d'entrée une équation différentielle linéaire a coefficients constantes.

$$\sum_{i=0}^n a_i \frac{d^i s(t)}{dt^i} = \sum_{j=0}^m b_j \frac{d^j e(t)}{dt^j}$$

$s(t)$: Signal de sortie

$e(t)$: Signal d'entrée

Exemple

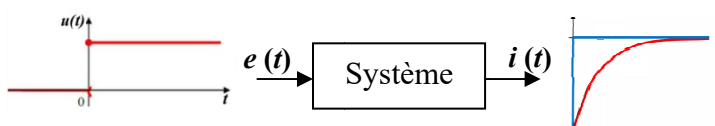


$$e(t) = R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} \quad \text{dans ce cas } n=1 \text{ et } m=0.$$

Remarque :

Un système physiquement réalisable si et seulement s'il est causal, c'est-à-dire le système ne répond pas avant d'être excité par une entrée.

Exemple :



1.4.5. Performances des systèmes asservis

Les performances des systèmes asservis sont principalement évaluées selon trois critères fondamentaux : **la stabilité, la précision et la rapidité.**

Stabilité : C'est la capacité du système à converger vers une valeur constante (la consigne) en réponse à une entrée constante. Un système stable ne diverge pas et ne présente pas d'oscillations infinies. La stabilité peut être étudiée par des **critères algébriques ou graphiques**, et se mesure également via des marges de phase et de gain en boucle fermée.

Précision : C'est la capacité du système à atteindre la valeur de consigne sans écart en régime permanent, malgré la présence ou non de perturbations. L'erreur statique

(écart entre sortie et entrée stabilisée) est souvent utilisée pour la mesurer. Un système asservi parfait aurait une erreur statique nulle à tout instant.

Rapidité : Cela correspond au temps que met la sortie pour atteindre et se stabiliser autour de la consigne, souvent quantifié par le temps de réponse ou le temps de montée. Elle caractérise le régime transitoire du système.