

Automatique

Introduction aux systèmes automatisés et asservis

1. DEFINITION DE L'AUTOMATIQUE.

L'automatique est l'ensemble des théories et des techniques qui permettent de réaliser la commande des systèmes.

2. BUT DE L'AUTOMATIQUE.

Le but de l'automatique est de réaliser la commande d'un système qui doit effectuer des opérations sans intervention humaine.

- Soit car les opérations sont trop complexes (Ex. : *Certaines phases du pilotage d'un engin spatial...*)

- Soit car les opérations sont trop répétitives ou trop pénibles (Ex. : *Robots sur les chaînes de montage...*)

3. HISTORIQUE.

Première époque (de l'Antiquité à la moitié du XIX^e siècle) : conception de systèmes automatiques de manière purement intuitive → régulation de niveau dès 250 av JC (horloge automatique à eau de Ktesybios, lampe à huile de Philon de Byzance, machine à doser le vin de Héron d'Alexandrie).

Plus tard, régulateur de Watt (1788), métier à tisser à cartes perforées de Jacquard.

Seconde époque (à partir du milieu du XIX^e siècle à la fin de la seconde guerre mondiale) : des théories se développent (théorie du bouclage de Maxwell en 1868, algèbre de Boole, étude analytique du régulateur de Watt, approche fréquentielle du bouclage de Nyquist, Bode, Black . . .)

Troisième période (depuis les années cinquante) : apparition des calculateurs numériques qui révolutionnent l'automatique. Ils ont permis de développer les méthodes d'étude des systèmes non linéaires et de prendre en compte les phénomènes aléatoires.

4. QUELQUES EXEMPLES

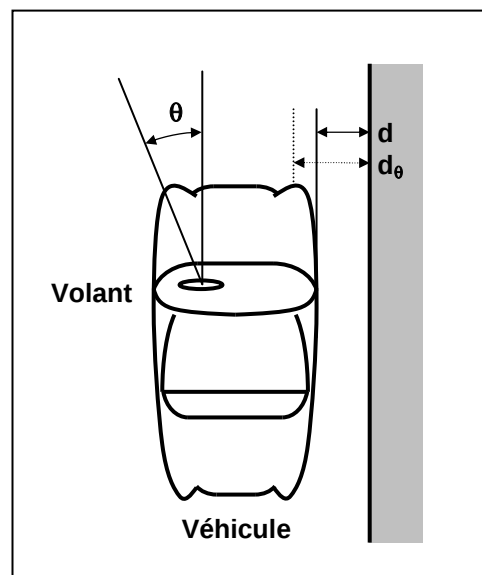
4.1. Conducteur au volant de son véhicule (non automatique)

Le conducteur doit suivre la route. Pour cela, il **observe la route** et son environnement et évalue la distance d qui sépare son véhicule du bord de la route.

Il détermine en fonction du contexte, l'angle θ qu'il doit donner au volant pour suivre la route. Il agit sur le volant (donc sur le système) ; puis de nouveau, il recommence son observation (nouvelle distance $d\theta$) pendant toute la durée du déplacement.

Si un coup de vent dévie le véhicule de sa trajectoire, après avoir observé et mesuré l'écart, il agit pour s'opposer à cette perturbation.

Un bouclage apparaît donc chaque fois qu'un cours d'une opération, un système prend en compte l'observation de son état pour le modifier.



4.2. Pilote automatique de bateau

Le pilote automatique est un dispositif permettant d'actionner la barre d'un bateau de façon à lui permettre de suivre un cap, quelles que soient les **perturbations** dues aux vagues, aux courants.

Le **système** est le bateau, la **commande automatique** est réalisée par les éléments du pilote.

Les **actions** sur la barre sont issues du traitement algorithmique effectué par la carte électronique comparant les informations de cap choisi et de cap réel (observation/boussole). Ces actions sont exercées par un autre élément du pilote appelé actionneur (vérin).

4.3. Machine à laver

Le **système** est la machine commandée par un dispositif automatique : le programmeur. Les systèmes programmés n'ont pas nécessairement une structure bouclée et l'automatisation porte sur un nombre fini d'opérations prédéterminées. A la différence des exemples précédents, le déroulement du processus est figé.

5. DIFFERENTS TYPES D'AUTOMATISMES

Les informations qui entrent ou qui sortent de la partie commande (appelées aussi variables) peuvent être de différents types.

- Variables logiques : Elles ne peuvent prendre que 2 valeurs ; 0 ou 1, ou autrement dit, vrai ou faux. On parle de variables binaires

Exemple : variable x = état d'une lampe.

$x = 0 \rightarrow$ lampe éteinte

$x = 1 \rightarrow$ lampe allumée

- Variables analogiques : Elles peuvent prendre une infinité de valeurs. On parle aussi de variables continues.

Exemple : variable x = température.

- Variables numériques : Elles peuvent prendre un grand nombre de valeurs (entières ou décimales). On parle aussi de variables discrètes.

Exemple : variable x = nombre de bidons déjà en place lors du remplissage d'une caisse de bidons.

variable x = variable analogique convertie en variable numérique pour transiter dans un ordinateur.

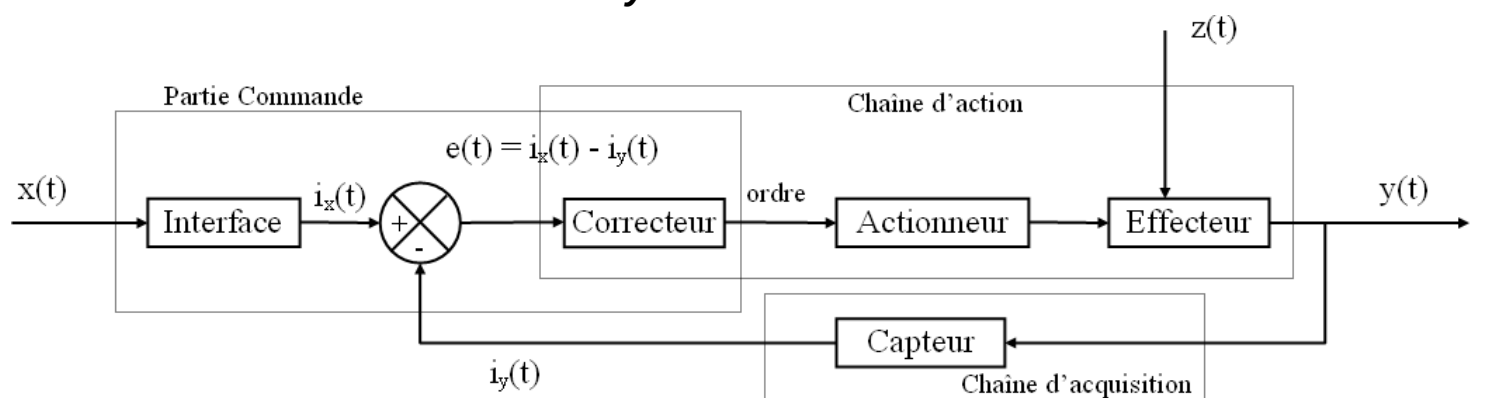
Aujourd'hui, les systèmes échantillonnés sont de plus en plus répandus en raison de l'utilisation croissante de constituants numériques.

- Définition :**
- Dans un système automatique logique transitent des variables logiques.
 - Dans un système asservi ou régulé transitent des variables analogiques.

On ne s'intéresse dans ce cours qu'aux **systèmes continus**, pour lesquels le traitement de l'information ne s'effectue que sur des grandeurs analogiques.

6. DEFINITION ET STRUCTURE DUN SYSTEME ASSERVI

6.1. Définition d'un système asservi



$x(t)$: consigne

$y(t)$: sortie, signal commandé

$z(t)$: perturbation

$i_x(t)$: signal de commande, image de $x(t)$

$i_y(t)$: signal de retour (mesure), image de $y(t)$

$e(t)$: signal d'erreur

Les **perturbations** modifient le signal de sortie de façon incontrôlable et imprévisible. On appelle système asservi un système capable de corriger seul les erreurs dues aux perturbations. Il est nécessaire d'avoir une chaîne de retour pour prendre en compte ces perturbations.

Un système asservi, en observant le résultat obtenu et en réagissant en conséquence, permet d'obtenir un comportement précis même si on ne peut modéliser très précisément le système et son entourage (Ex. : Pilotage, Train pendulaire).

Un système asservi permet de stabiliser un système naturellement instable (Ex : Cycliste, Avion à voilure inversée).

Dans un asservissement, on trouve également les éléments suivants :

- Le point de sommation (**comparateur**) permet de comparer le signal de commande avec la mesure du résultat obtenu. Il en déduit le **signal d'erreur**.

- L'**interface** transforme la consigne en un signal homogène au signal de retour (pour pouvoir effectuer la comparaison).

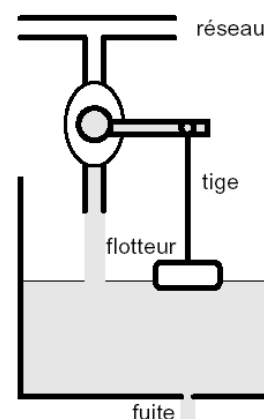
- Le **correcteur** élabore l'ordre à donner à l'actionneur en fonction de l'erreur. Si l'erreur est grande, le correcteur peut 'exagérer l'ordre' pour forcer le système à annuler plus rapidement l'erreur.

Exemple : une position donnée de l'accélérateur fait accélérer la voiture jusqu'à atteindre une certaine vitesse. Si on veut atteindre cette vitesse plus rapidement, on accélère plus puis une fois la vitesse désirée atteinte, on relâche partiellement l'accélérateur. C'est une correction.

Exemple :

Système asservi à commande automatique : la régulation du niveau d'une cuve.

Tracer le schéma fonctionnel de ce système simple en faisant apparaître les grandeurs caractéristiques.



6.2. Système régulateur ou suiveur

On classe généralement les systèmes asservis en deux catégories par leur mode de fonctionnement : les **systèmes régulateurs** et les **systèmes suiveurs** ou **asservissements**.

	But	Exemples
Systèmes régulateurs	Il faut maintenir la grandeur de sortie à une valeur constante (conformément à la consigne) et ce, indépendamment des perturbations subies par le système.	▪ Un réfrigérateur ▪ Pilote automatique de bateau dont la fonction est de maintenir le cap.
Systèmes suiveurs	La grandeur de sortie doit suivre la loi de variation non fixée de la consigne.	▪ Radar de poursuite d'avion ; ▪ Table traçante ; ▪ Fusée Ariane ▪ Axes d'une Imprimante 3D.

- **Remarque** : Même s'ils sont utilisés en mode "asservissement", la plupart des systèmes industriels porte la dénomination de "régulateur".

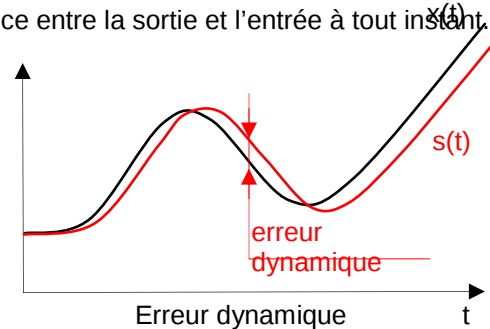
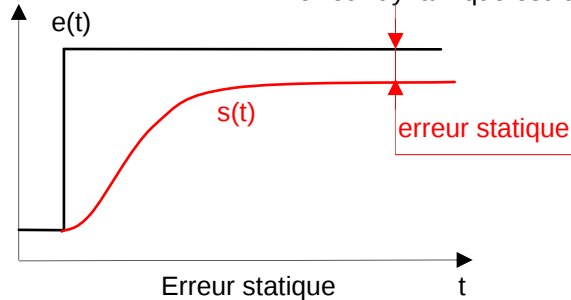
6.3. Performances d'un système asservi

Elles sont au nombre de trois principalement : **PRECISION, RAPIDITE, STABILITE.**

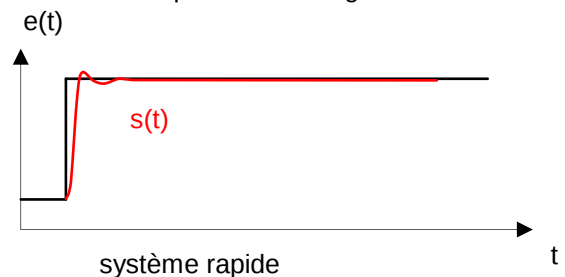
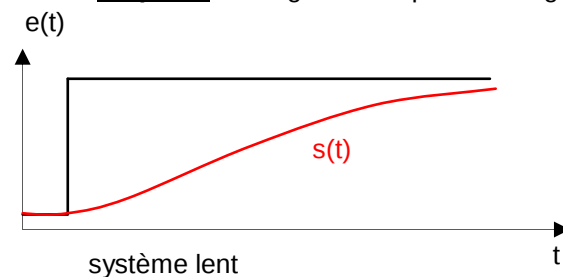
- **Précision** : Elle est quantifiée par deux erreurs.

L'erreur statique est la différence entre la sortie réalisée $y(t)$ et la sortie demandée $y_c(t)$ (consigne) lorsque celles-ci n'évoluent plus (régime permanent). On s'efforce toujours de l'annuler.

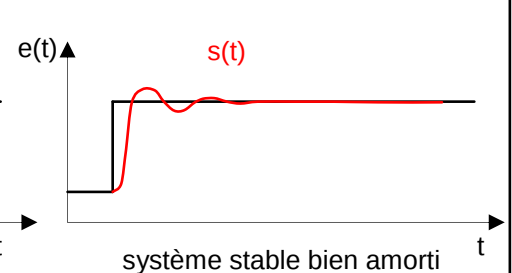
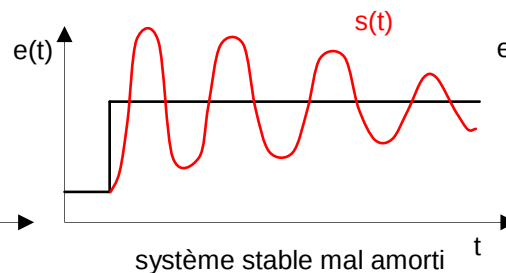
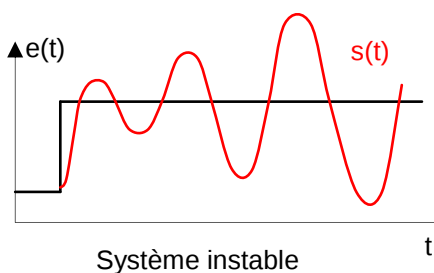
L'erreur dynamique est la différence entre la sortie et l'entrée à tout instant.



- **Rapidité** : Il s'agit de la rapidité à réagir à une variation brusque de la consigne d'entrée.



- **Stabilité** : Un système peut être instable à cause de son comportement dynamique (résonance) ou du bouclage (larsen).



Ces trois qualités ne sont pas toujours compatibles, on cherchera le meilleur compromis.

- **Dépassement** : Certains systèmes ne tolèrent pas le dépassement

