

# INTRODUCTION A L'AUTOMATISME ET AUX SYSTEMES ASSERVIS

<http://perso.numericable.fr/starnaud/>

## 1. Mise en situation.

### 1.1. Définitions

Automatique : C'est l'ensemble des sciences et des techniques utilisées dans la conception et la réalisation des systèmes automatisés (SA).

Automatisation : C'est l'exécution automatique de tâches sans interventions humaines.

### 1.2. Motivations

- ✓ Les systèmes automatisés remplacent l'homme dans des opérations dangereuses répétitives ou pénibles (robot aspirateur, boîte de vitesse automatique, pilote automatique, allumage automatique des phares).
- ✓ Les systèmes automatisés permettent d'augmenter la précision et la productivité.

### 1.3. Historique

- ✓ Avant 1850 : Inventeurs géniaux aux méthodes intuitives.  
Exemples : horloge à eau, régulateur de Watt, métier à tisser.
- ✓ 1850-1950 : Maîtrise des concepts (algèbre de Boole, théorie du bouclage).
- ✓ Après 1950 : Développement de l'automatisation (utilisant l'électronique et l'informatique).

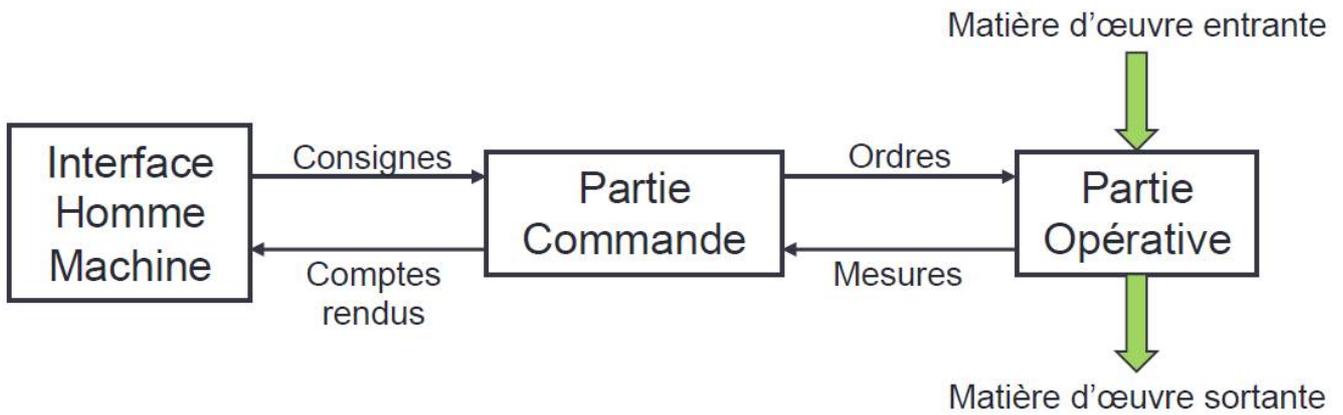
### 1.4. Objectif

L'objectif de l'automatique est d'étudier le comportement du système (ce qu'il fait) en fonction de l'évolution du système (consignes, informations), de l'environnement extérieur et du temps.

## 2. Structure d'un système automatisé.

Un système automatisé peut être décomposé en trois grandes parties :

- ✓ Une partie opérative (PO) assurant la conversion de puissance et l'action sur la matière d'œuvre.
- ✓ Une partie commande (PC) assurant la mesure en continu sur le processus, le traitement des données par comparaison aux consignes et le pilotage de la partie opérative.
- ✓ Une interface homme / machine (IHM) permettant de définir les consignes et de surveiller l'évolution.



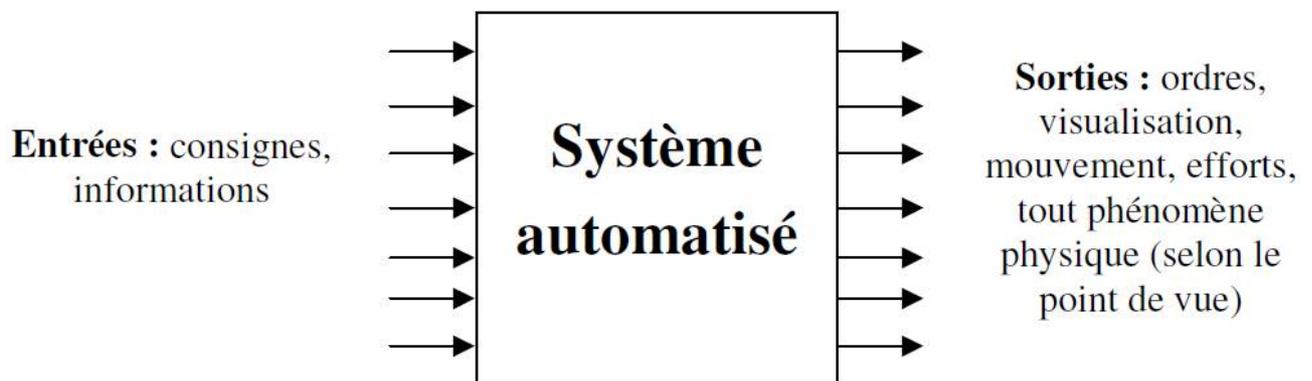
### Typologie des entrées / sorties

La zone d'étude (frontière d'isolement) du système étant définie, on peut analyser les flux entrants et sortants du système.



Ces flux entrants et sortants peuvent être de types « énergie », « matière » ou « information ».

En automatisme, on va s'intéresser aux flux d'informations.



Selon le type d'entrées et de sorties et selon la manière dont évoluent les sorties en fonction des entrées, on distingue différentes familles (ou différents points de vue) de systèmes automatisés.

## 3. Les différentes approches de l'automatisme.

### 3.1. Les systèmes logiques.

On désire étudier le comportement global du système automatisé, et ainsi, décrire l'ordre dans lesquels le système effectue les différentes tâches (actions = sorties).

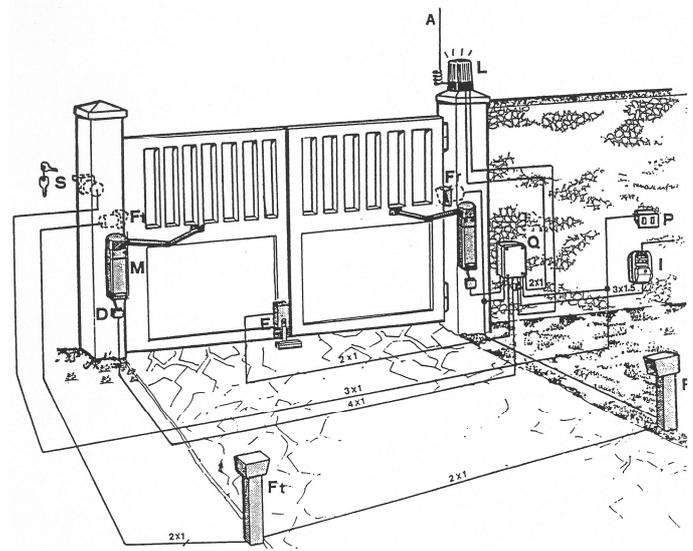
Alors, toutes les chaînes d'actions et d'acquisition (sorties et entrées) sont représentées par des variables de type logique (signal binaire 0 ou 1).

Chaque grandeur ne connaît que deux états différents, on ne tient pas compte des régimes transitoires : allumé/éteint, ouvrir/fermer, présent/absent, à l'arrêt/en mouvement...

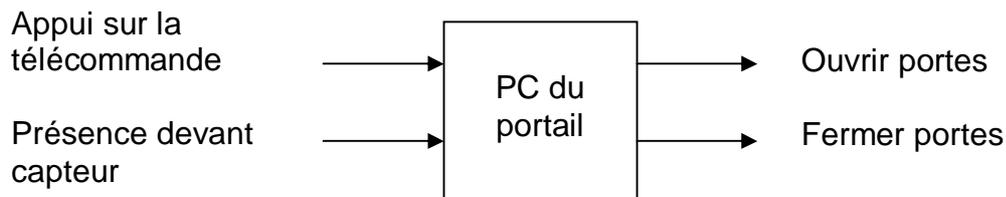
Exemple de système logique :  
Le portail automatisé.

Pour simplifier, on s'intéresse aux éléments suivants :

- ✓ Les 2 portes
- ✓ Les 2 moteurs
- ✓ La télécommande
- ✓ La cellule photo électrique



Entrées/sorties de la Partie commande (PC) du portail : (les entrées sont les informations, les sorties sont les ordres)



Les entrées et les sorties sont sous la forme tout ou rien (1 ou 0) (vrai ou faux), on les appelle des variables logiques.

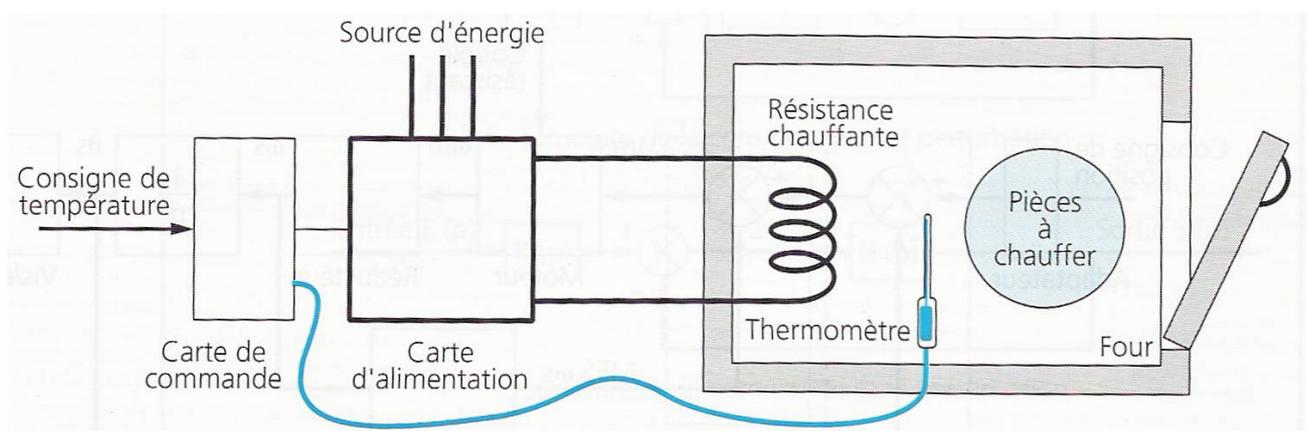
### 3.2. Les systèmes continus.

On désire étudier le comportement temporel d'une seule chaîne d'action.

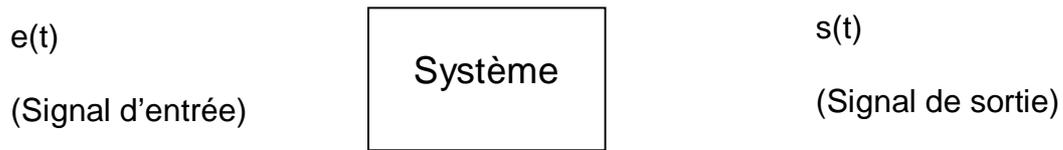
On prend en compte les régimes transitoires.

Les grandeurs d'entrées et de sortie ne sont plus binaires : elles sont analogiques.

Exemple de système continu : un four



Convention : En automatique, on représente très souvent un système sous forme de bloc.



Remarques : On peut avoir plusieurs signaux d'entrée et de sortie.

Dans le cas du four, on va étudier le signal de sortie en fonction de signal d'entrée

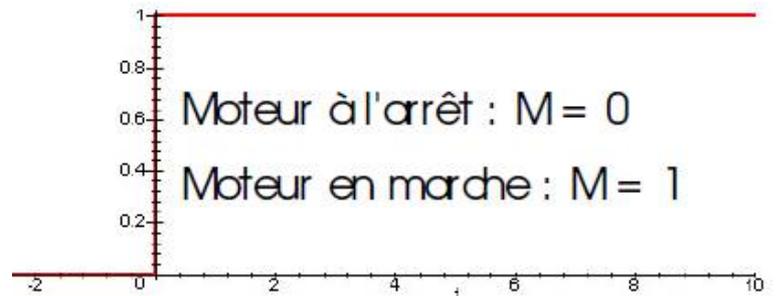


### 3.3. Exemple du moteur électrique.

Aspect logique :

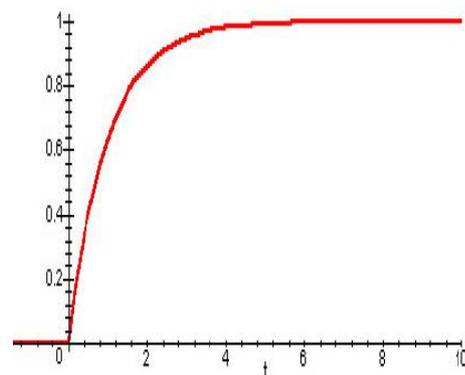
On ne tient pas compte du régime transitoire du moteur.

L'état du moteur peut alors être décrit par la variable  $M$  :



Aspect continu :

On tient compte du régime transitoire du moteur.



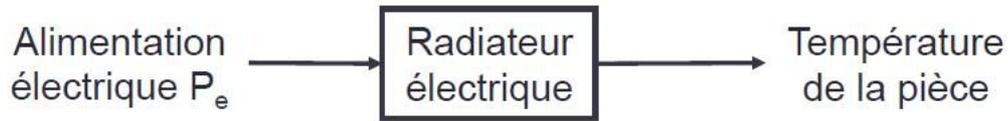
Au premier semestre, on va étudier le comportement des systèmes continus

## 4. Structure d'un système asservi.

Un système asservi est un système continu donc la commande a une structure particulière.

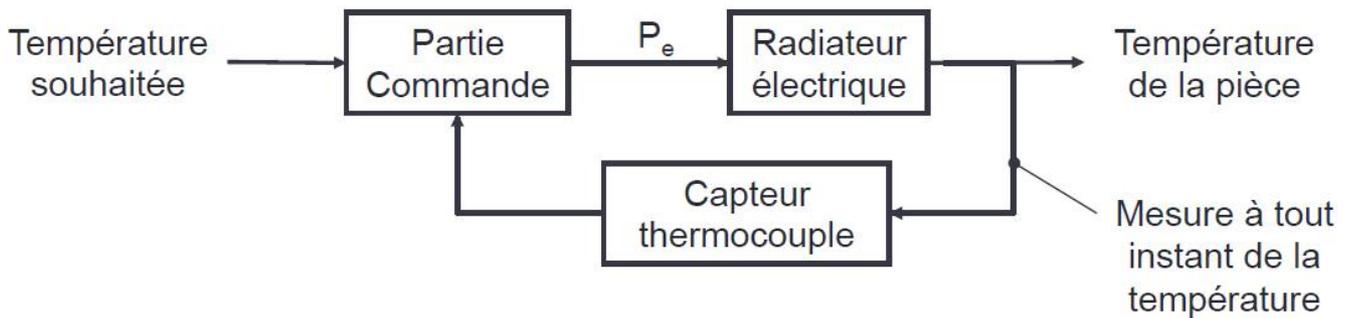
On peut en effet commander un système de deux manières :

- ✓ En chaîne directe :



L'évolution du système est alors naturellement stable (elle ne diverge pas) mais lente et très sensible à l'environnement ... et donc peu performante.

- ✓ Par retour d'information (ou en boucle, ou par feedback) :

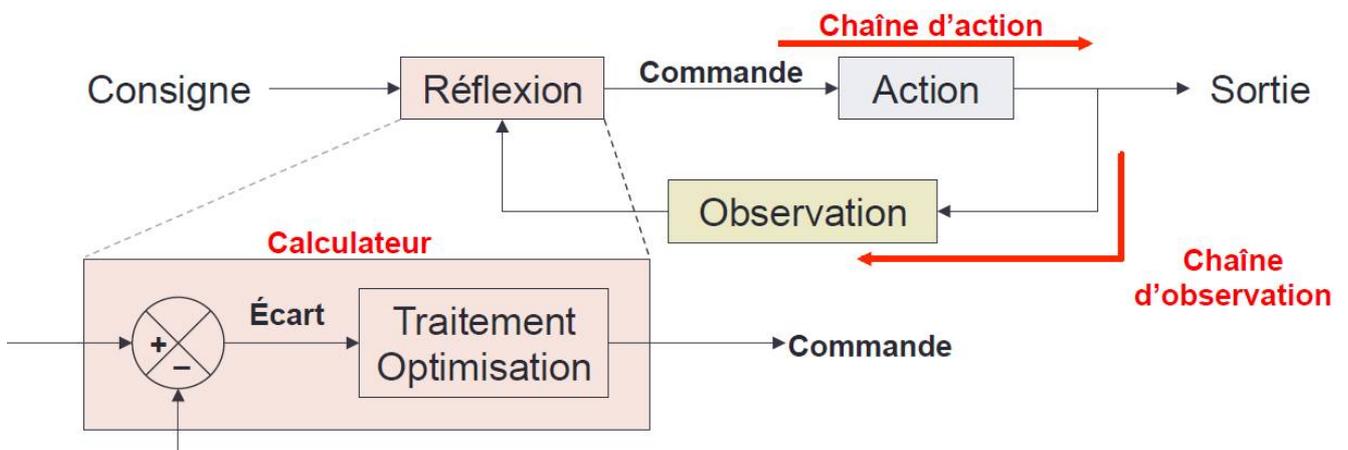


Pour améliorer les performances du système, on mesure en temps réel la sortie et on ajuste la commande du processus commandé.

### Structure d'un système asservi

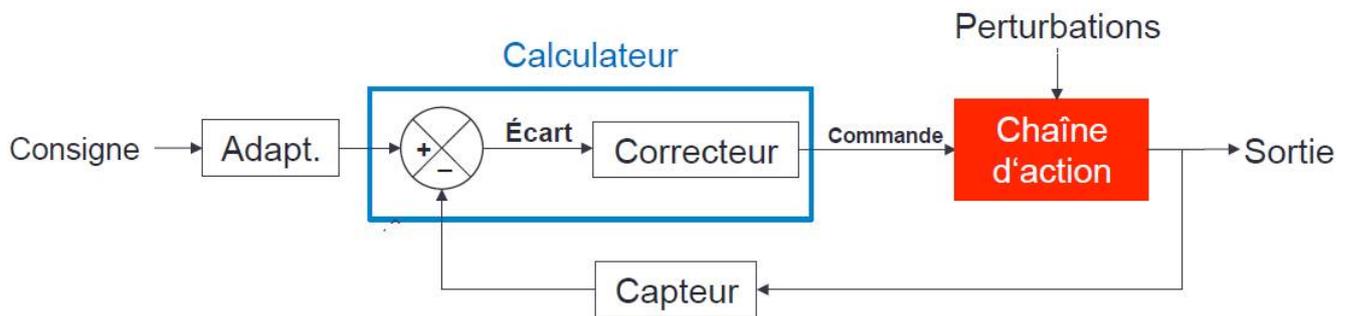
Un système asservi est un système automatisé qui :

- ✓ Comporte au moins un capteur permettant l'observation en continu de l'évolution de la sortie.
- ✓ Compare en continu l'évolution de l'image de cette sortie et de l'image de la consigne pour créer un signal d'écart.
- ✓ Traite le signal d'écart pour modifier en continu le signal commande afin d'atteindre l'objectif défini par la consigne.



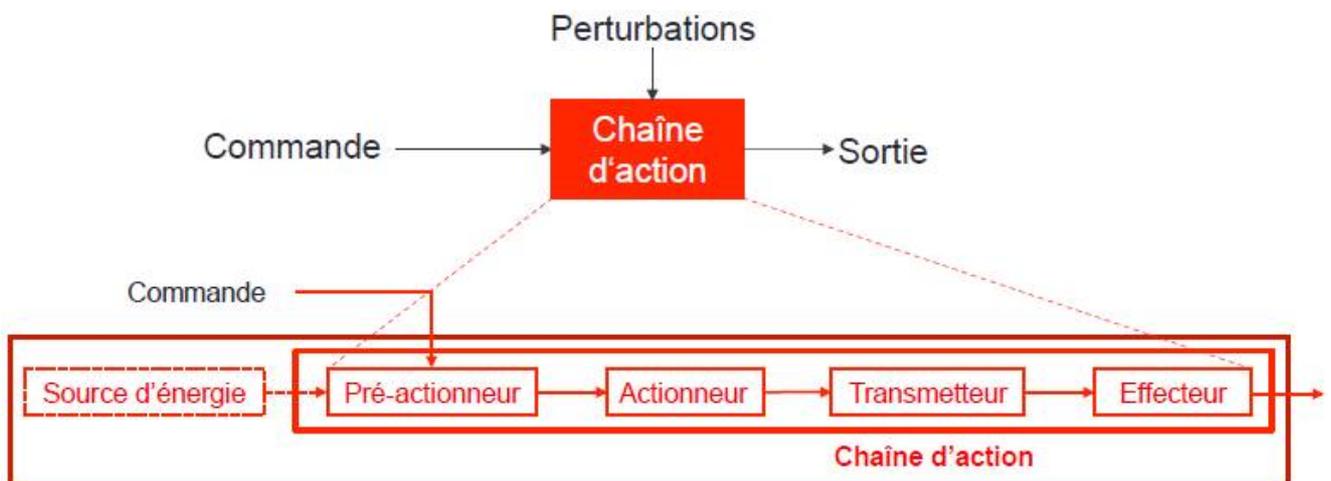
## Modélisation par schéma fonctionnel

Le schéma fonctionnel, basé sur la structuration en chaînes fonctionnelles, est utilisé pour modéliser un système asservi.



- Le capteur : Il mesure la sortie (la mesure peut se faire en n'importe quel endroit de la chaîne d'action et pas seulement à la fin).
- Le calculateur : Il est constitué d'un comparateur et d'un correcteur.
- Le comparateur : Il élabore l'écart  $\mathcal{E}$  entre la consigne et la mesure.
- Le correcteur : Il élabore le signal de commande à partir de l'écart afin d'améliorer les performances de l'asservissement.
- L'adaptateur : Élément de l'interface homme/machine, il converti la consigne de l'opérateur en grandeurs compréhensibles par le calculateur.

La chaîne fonctionnelle correspond à la chaîne d'énergie :



## Construction du schéma fonctionnel

Le schéma fonctionnel est une représentation structurée et topographique du système asservi.

On y retrouve donc tout ou partie des éléments des chaînes fonctionnelles :

- ✓ Chaîne d'énergie : pré-actionneur, actionneur, etc.
- ✓ Chaîne d'information : capteur(s), calculateur, etc.

Sa construction doit se faire « pas à pas » en observant les éléments et leur positionnement relatif. Dans un système, certains éléments sont assez faciles à repérer ... d'autres moins !

Il existe deux types d'asservissement :

- ✓ On parle de régulation lorsque le système asservi est commandé par une grandeur physique constante et qu'il doit maintenir une sortie constante quelles que soient les perturbations qu'il subit (par exemple : une installation de chauffage).
- ✓ On parle de système suiveur lorsque la commande (la consigne) varie dans le temps. Le système doit ajuster en permanence le signal de sortie au signal d'entrée (exemple : un robot, un radar de poursuite, une imprimante).

## 5. Exemple de système asservi : le four.

Schéma montrant les différents éléments du four :

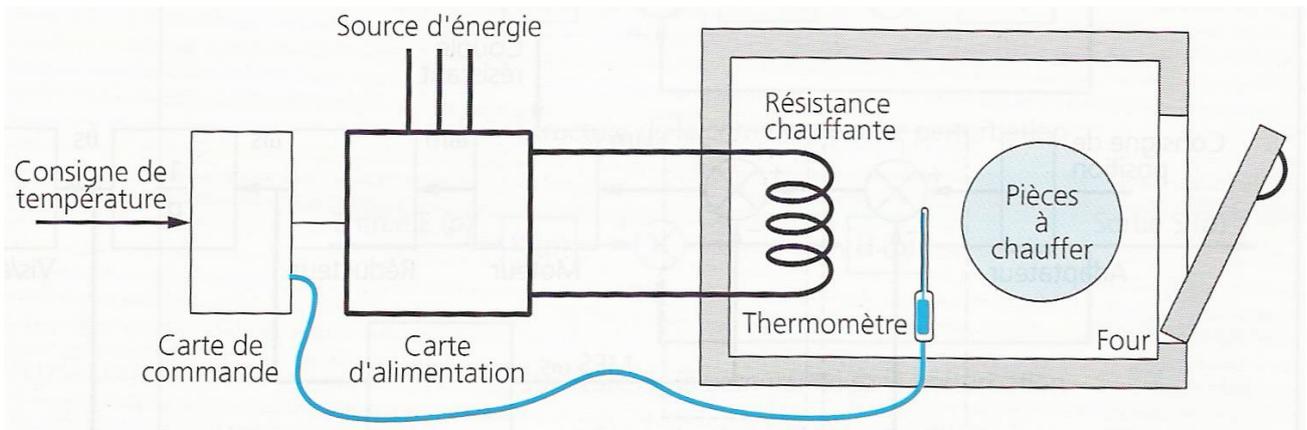


Schéma fonctionnel de l'asservissement en température :

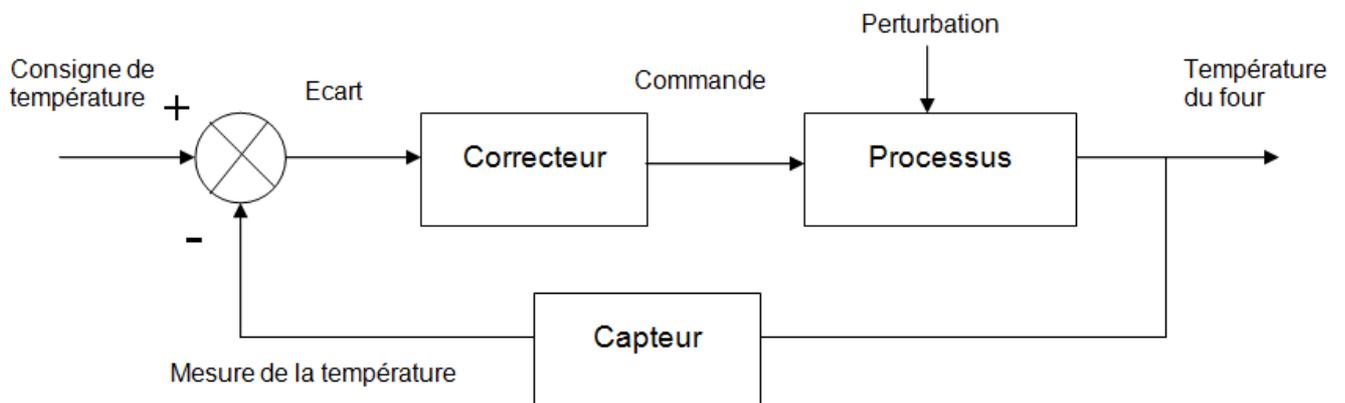


Schéma fonctionnel de la chaîne d'action :



## 6. Performances d'un système asservi.

Les performances d'un système asservi permettent de caractériser comment le système réagit à une sollicitation.

Le système réagit en deux temps, on distingue le régime transitoire et le régime permanent.

On caractérise les performances suivantes : stabilité, précision et rapidité.

Deux performances sont définies en régime transitoire :

- ✓ La rapidité, quantifiant la « vitesse » d'évolution du système.
- ✓ L'amortissement, quantifiant les fluctuations dans l'évolution.

Deux performances sont définies en régime établi (aussi appelé permanent) :

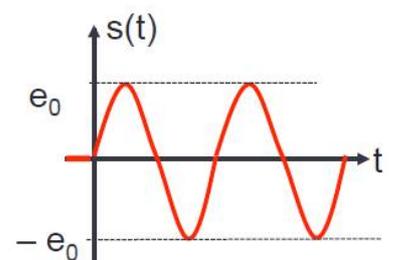
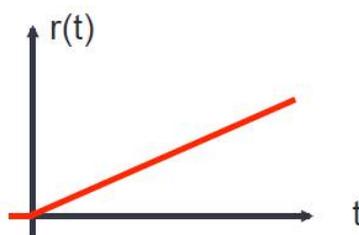
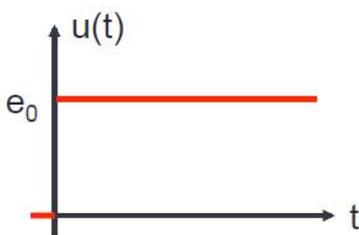
- ✓ La stabilité, quantifiant la capacité du système à ne pas diverger.
- ✓ La précision (étude en poursuite, soit à perturbation nulle) et la robustesse (étude en régulation, soit à consigne nulle), quantifiant la capacité du système à atteindre son objectif et à résister aux actions intempestives de son environnement.

### 6.1. Définition de quelques signaux tests

Pour étudier le système, on va le solliciter par des entrées maîtrisées et physiquement réalisables, définie à partir d'un instant qu'on va prendre comme référence ( $t = 0$ ).

Les plus classiques sont les suivantes :

- ✓ L'échelon (ou marche) d'amplitude  $e_0$  pour tester la réactivité du système à un brusque changement de consigne.
- ✓ La rampe de pente «  $a$  » pour tester la capacité du système à suivre une évolution variable.
- ✓ Le sinus d'amplitude  $e_0$  et fréquence  $f$  pour tester la réactivité du système à une sollicitation cyclique.



## 6.2. La précision.

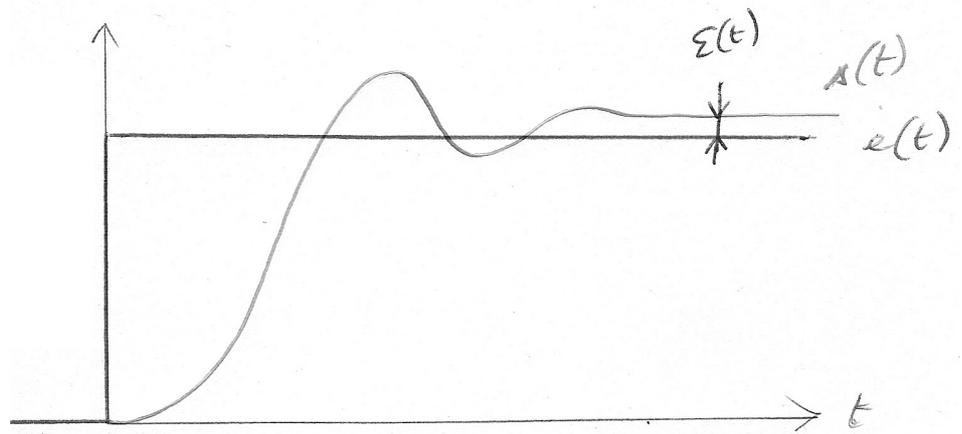
Entrée de type échelon.

Exemple : consigne de température d'un four

On a  $20^\circ$  et on demande brusquement  $200^\circ$

On définit d'erreur statique :

$$\varepsilon(\infty) = e(\infty) - s(\infty)$$



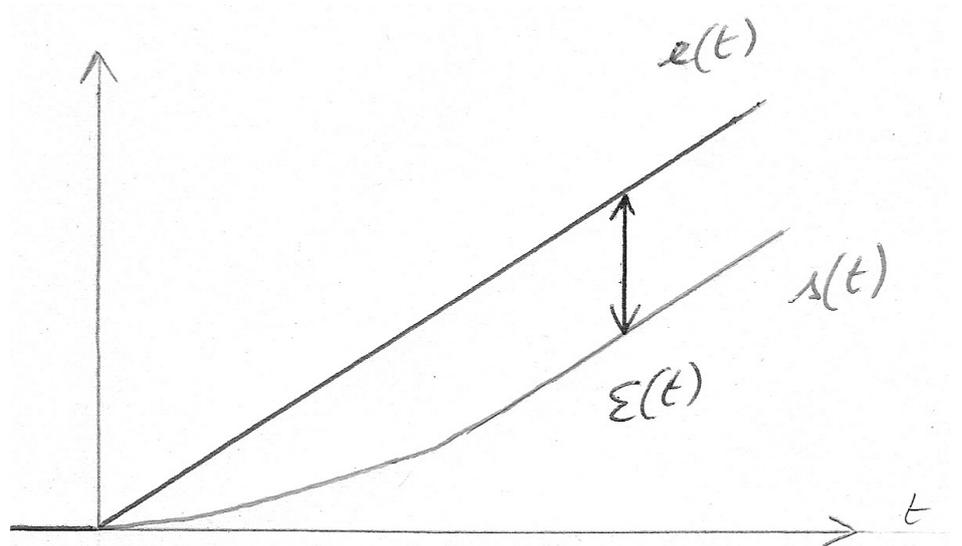
Entrée de type rampe.

Exemple : consigne de déplacement en position d'un axe de robot.

On lui demande de se déplacer à  $V = \text{cte.}$

On définit d'erreur de traînage :

$$\varepsilon(\infty) = e(\infty) - s(\infty)$$

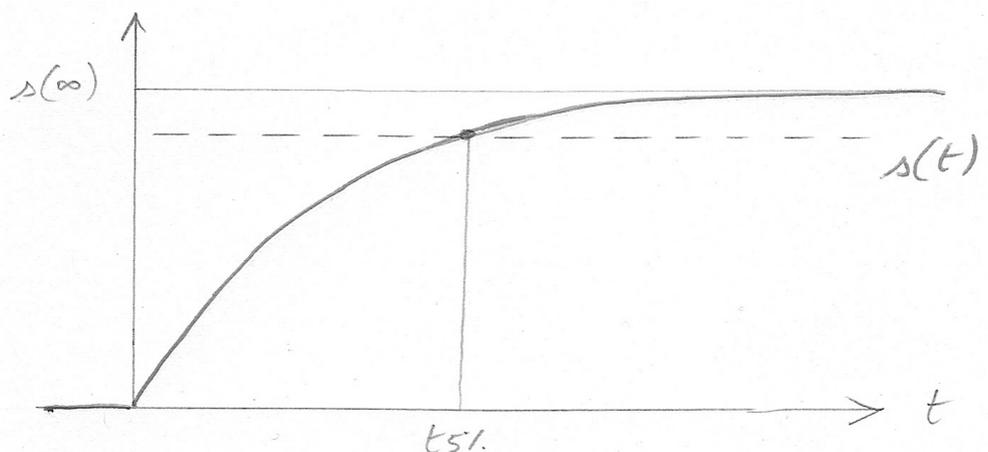


## 6.3. La rapidité.

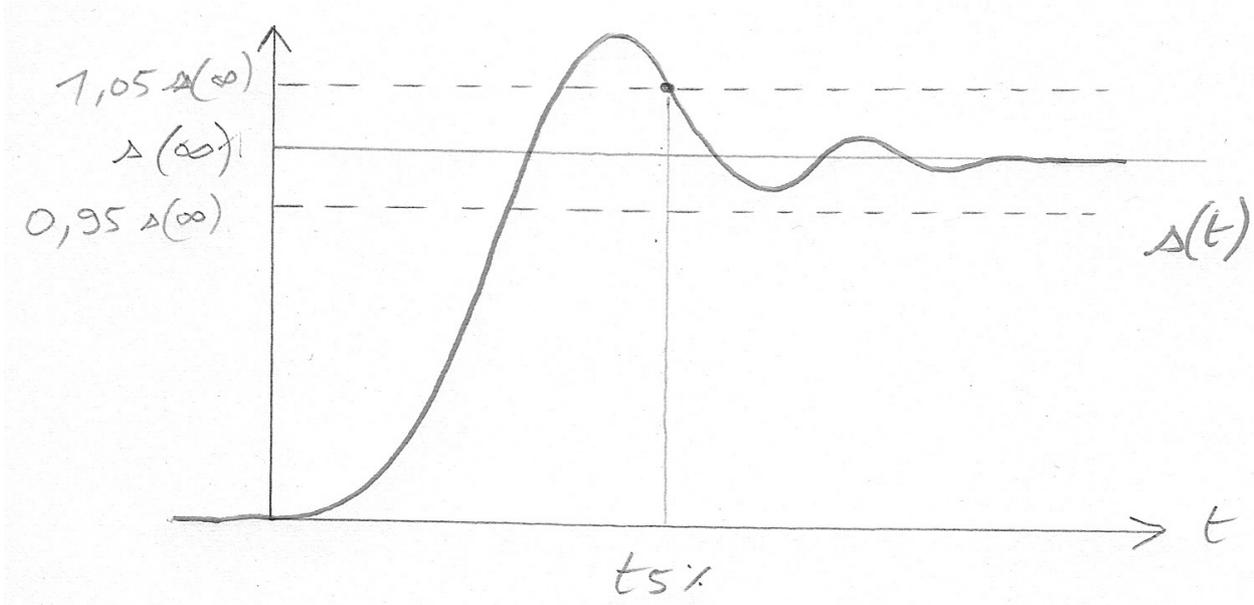
En réponse à un échelon (non représenté).

Temps mis pour atteindre la valeur finale à 5% près.

$t_{5\%}$  : le temps de réponse à 5%



Plus précisément, c'est le temps mis pour rentrer définitivement dans le « tube des 10 % »



On définit également le dépassement  $D$

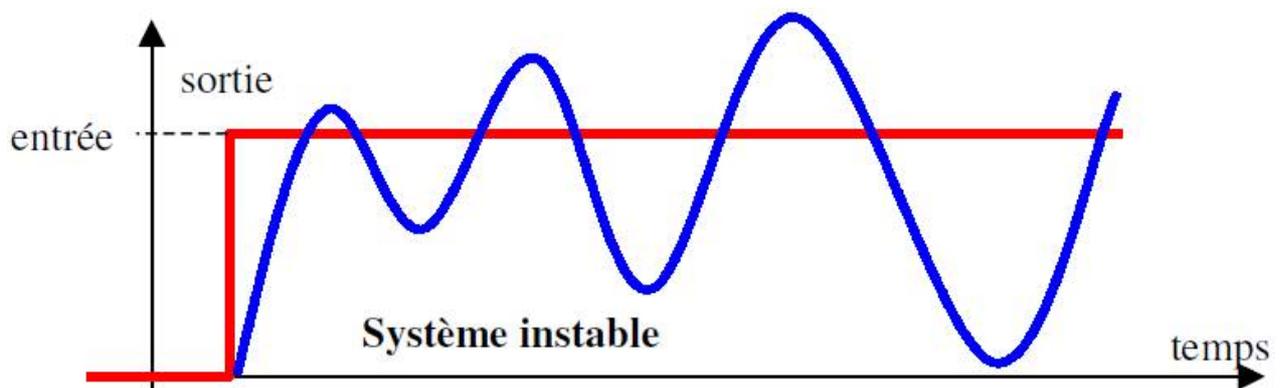
(Dépassement de la valeur finale  $s(\infty)$  et pas de l'entrée)

## 6.4. Stabilité.

Le système est stable si la sortie reste bornée lorsque le système est soumis à une entrée bornée.

On dit que le système est stable si pour une entrée constante, la sortie reste constante quelles que soient les perturbations.

Le dépassement permet de définir la notion de stabilité relative.



## 7. Conclusion.

L'objectif final du cours d'asservissement va être d'apprendre à déterminer les propriétés précédentes, puis d'apprendre à les améliorer, à trouver des compromis.

Mais auparavant, nous allons mettre en place un même modèle, pour tous les systèmes dynamiques, qu'ils soient mécaniques, électriques, électroniques, thermiques, fluides, électromagnétiques, électrodynamiques, etc...