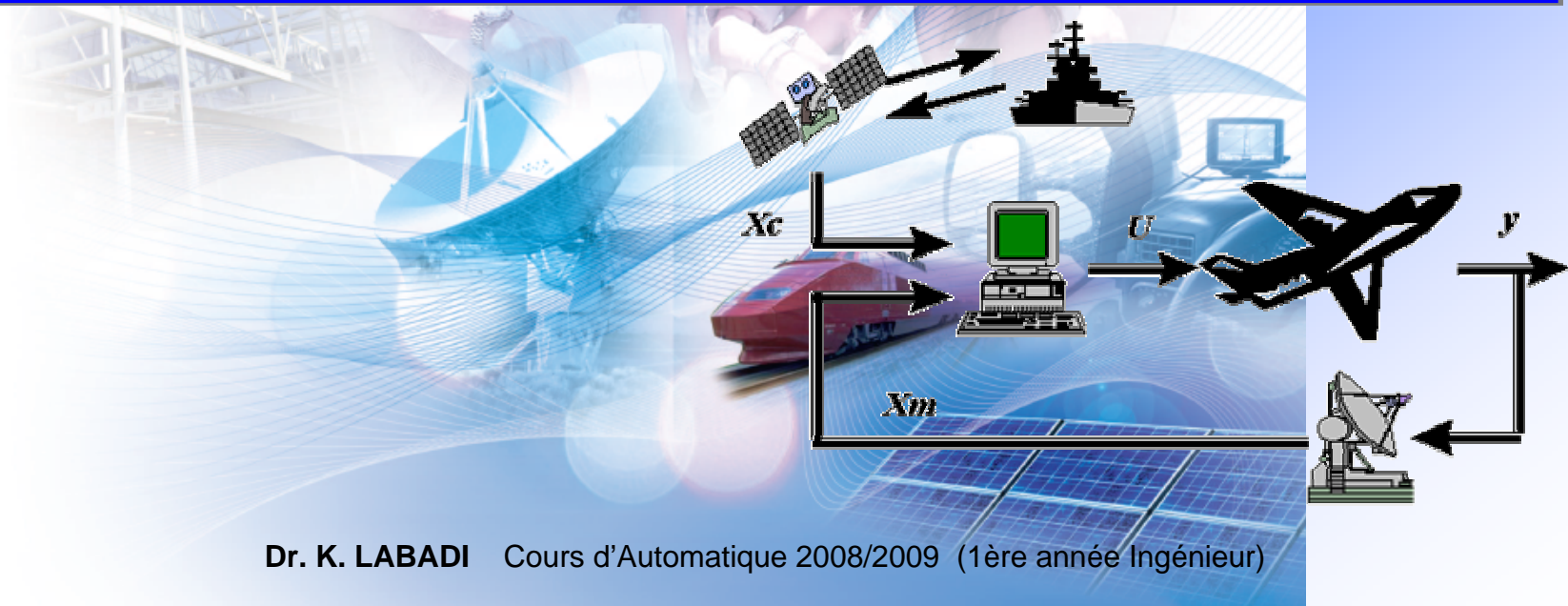


# Introduction à l'automatique



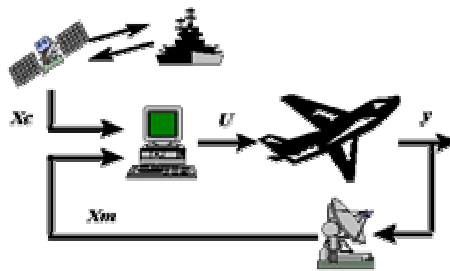
# Plan



- Définition de l'automatique
- But de l'automatique
- Domaines d'application
- Exemples d'application

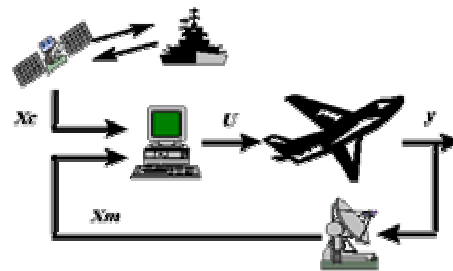
# Définition de l'automatique

Ensemble de théories, de techniques, d'outils ... utilisés pour rendre les systèmes autonomes, indépendants de l'intervention humaine, afin de réduire la fréquence et la difficulté des tâches humaines.



# Définition de l'automatique

L'automatique est l'art de modéliser, d'analyser puis de commander les systèmes. C'est aussi celui de traiter l'information et de prendre des décisions.



# Définition de l'automatique

L'automatique fait partie des sciences de l'ingénieur. Elle traite de la :

**Modélisation**

**Analyse**

**Commande**

**Régulation** ...

des systèmes dynamiques

Elle a pour fondements théoriques :

**les mathématiques**

**l'informatique**

**la théorie du signal**

**l'électronique**

# But de l'automatique

➤ L'automatique a pour objet le **contrôle automatique** de procédés industriels ou d'appareillage divers dans le but de **supprimer ou de faciliter l'intervention humaine**.

➤ Historique

❖ **1840** : Régulateur de Watt (Besoins de l'industrie à vapeur).

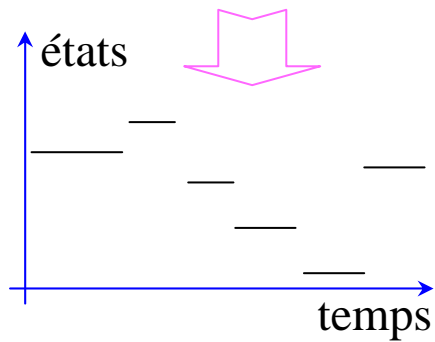
❖ **1945** : Deuxième guerre mondiale (développement de l'automatique dans l'aviation).

❖ **1960** : Apparition de l'informatique (cosmos, traitement rapide de l'information, possibilité de résolution des systèmes complexes etc.)

# Domaines d'application

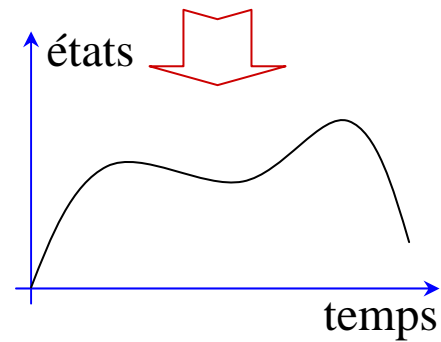
Deux domaines d'intervention de l'automatique :

Systemes à Événements Discrets  
(SED)



**AUTOMATISME**

Systemes Continus  
(SC)



**AUTOMATIQUE  
CONTINUE**

# Domaines d'application

- Dans les **systemes à événements discrets**, on parle d'**automatisme** (séquence d'actions dans le temps).
- Exemples d'applications :  
Les distributeurs automatiques, les ascenseurs, le montage automatique dans le milieu industriel, les feux de croisement, les passages à niveaux.



# Domaines d'application

- Dans les **systemes continus** pour asservir et/ou commander des grandeurs physiques de façon précise et sans aide extérieure.
- Exemples d'application :  
L'angle d'une fusée, la position du bras d'un robot, le pilotage automatique d'un avion.

# Exemples d'application



Aéronautique

pilotes automatiques; commandes de vol,



Spatial

guidage de fusées, positionnement de satellites,



Machines-outils

commandes numériques pour l'usinage;



Électrotechnique

commandes de moteurs, ...



Automobile

contrôle des moteurs, régulateurs de vitesse, contrôle d'équipements,

# Généralités sur les Systèmes Linéaires

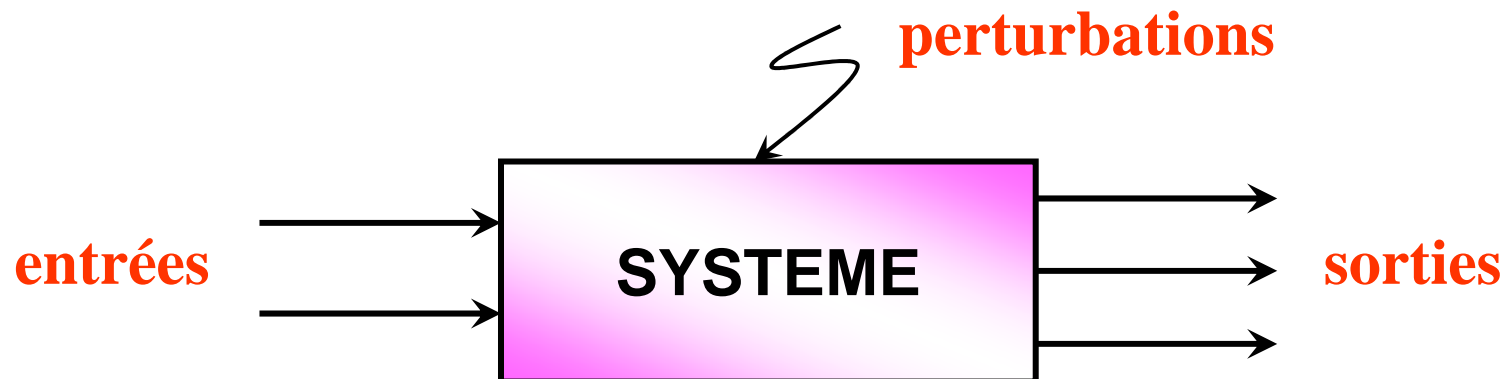
# Plan



- Notion de système
- Systèmes linéaires
- Principales propriétés

# Notion de système

- On schématise un système par un **bloc** possédant une ou plusieurs **entrées** et une ou plusieurs **sorties**.
- Les autres grandeurs ayant une action non désirée sont des **perturbations** (entrées parasites).



# Notion de système

## Système monovariabile :

Un système **monovariabile** possède une seule entrée  $e(t)$  et une seule sortie  $s(t)$ .



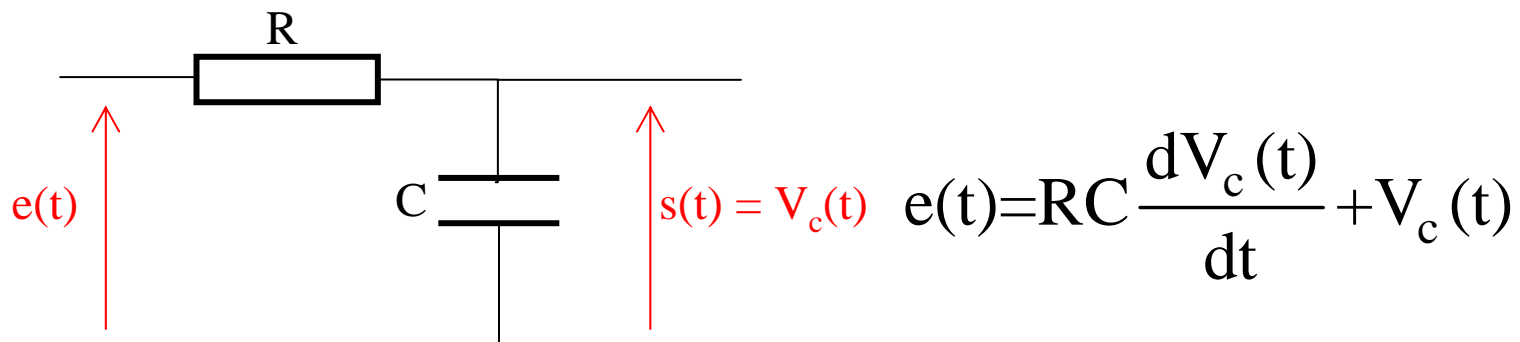
## Système multivariabile :

Un système possédant plusieurs grandeurs d'entrée et/ou de sortie est dit **multivariabile**

# Systemes linéaires

## Systeme linéaire :

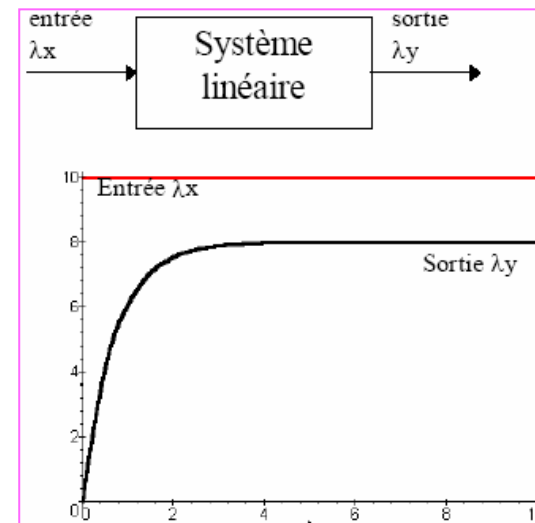
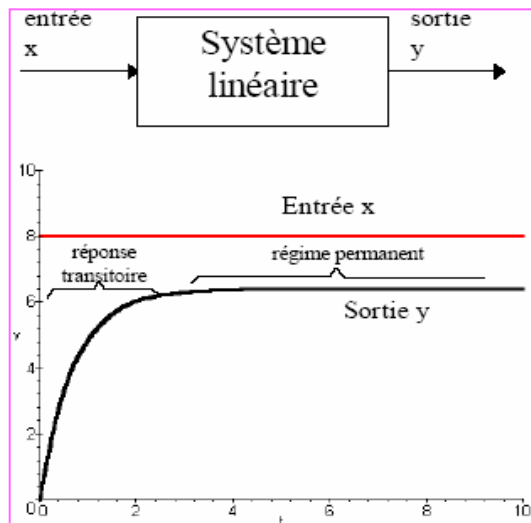
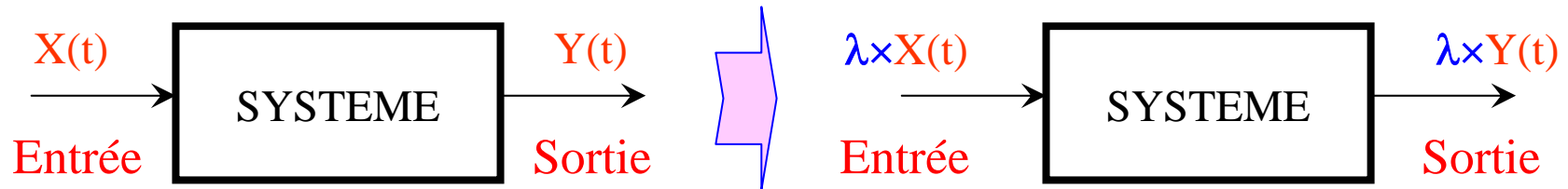
Un système est dit linéaire lorsque ses grandeurs d'entrée et de sortie peuvent se mettre sous la forme d'un ensemble d'équations différentielles à **coefficients constants**.



# Propriétés

## ➤ Proportionnalité :

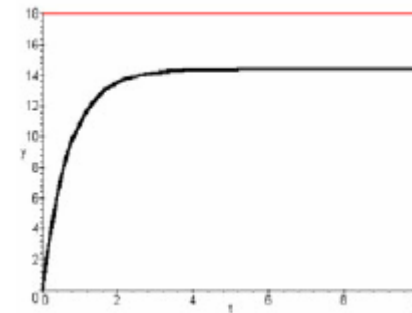
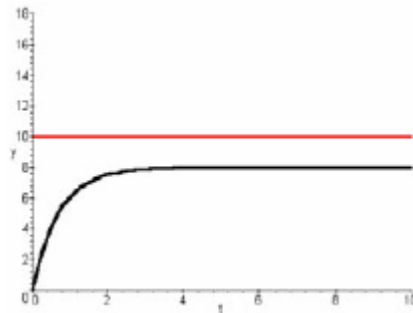
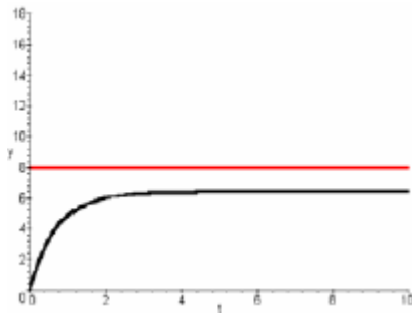
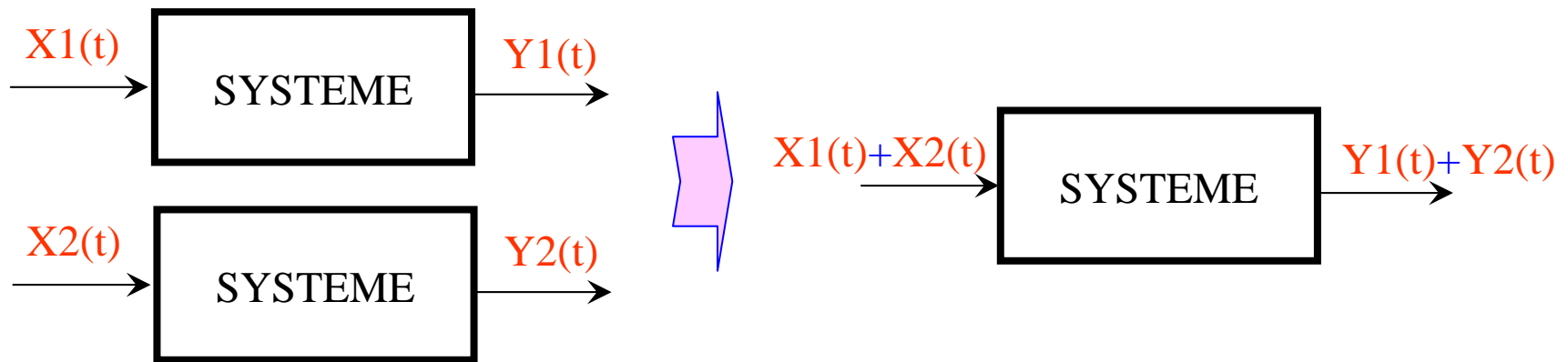
L'effet est proportionnel à la cause





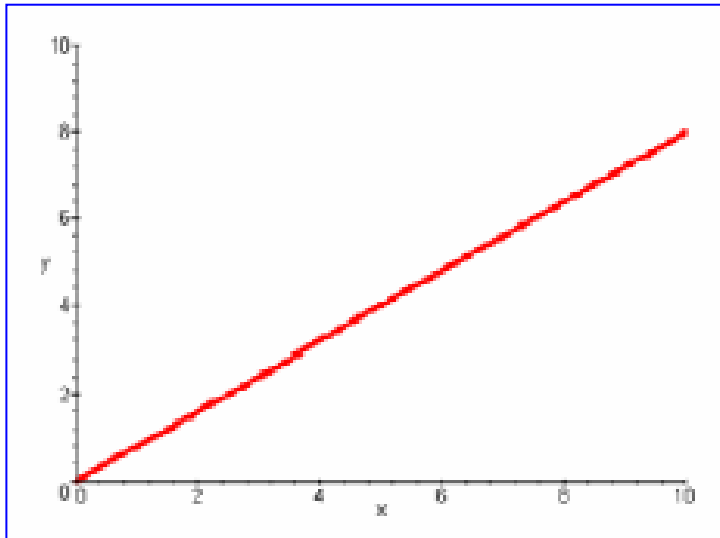
# Propriétés

## ➤ Additivité (superposition) :

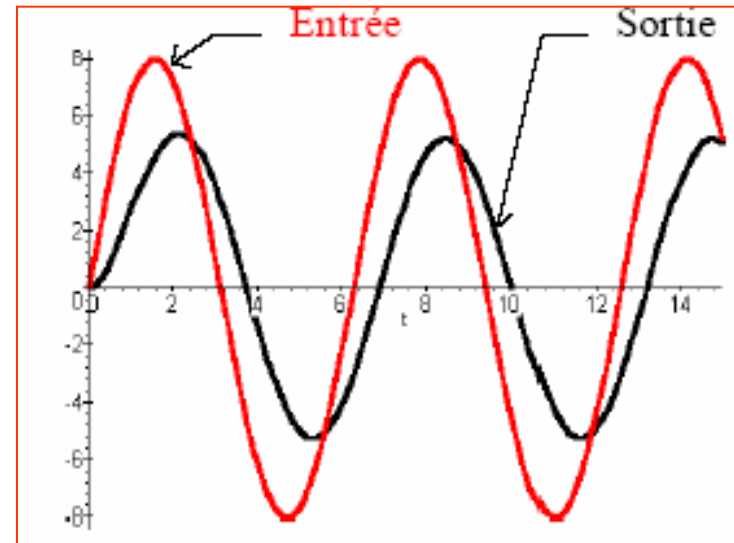


# Propriétés

- L'entrée  $e(t)$  / La sortie  $s(t)$  d'un système linéaire est une droite.
- Pente = Gain du système

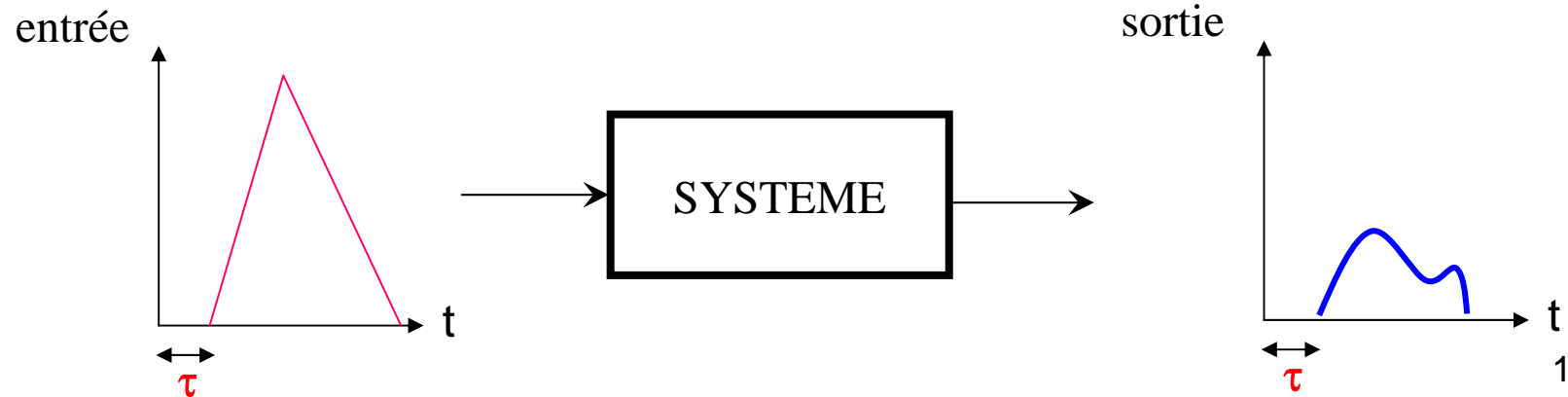
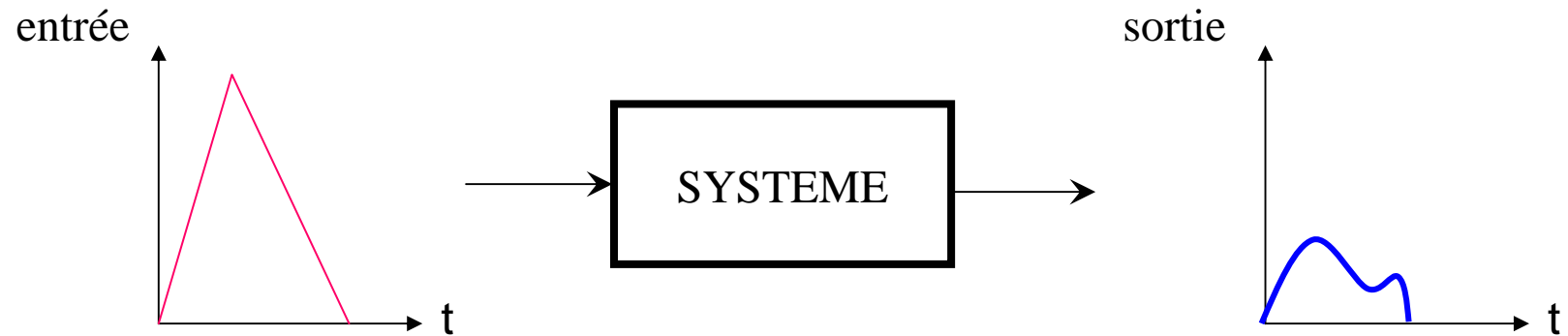


- La nature du signal de sortie est de même nature que le signal d'entrée.



# Propriétés

- 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  $\tau$ .



# Propriétés

## ➤ Causalité :



Pour un **système causal**, la cause précède toujours l'effet, la réponse impulsionnelle ne commence pas avant l'impulsion.

Un système → un ensemble de **relations causales** entre

- des grandeurs d'entrée : CAUSES
- des grandeurs de sortie : EFFETS

Pour un signal, cela signifie qu'il est nul pour  $t < 0$

# Généralités sur les Systèmes de Commande

# Plan



- Commande automatique
- Système de commande
- Paramètres d'un système de commande
- Système en boucle ouverte / fermée
- Nécessité d'un système en boucle fermée
- Fonctions d'un système de commande
  - Asservissement
  - Régulation
- Constituants d'un système de commande
- Propriétés d'un système de commande

# Commande automatique

## Commande automatique

- Elle consiste à remplacer l'intervention humaine par celle d'un dispositif approprié.
- Il devra à partir des informations qu'il reçoit piloter le processus en vue d'amener la sortie à suivre une trajectoire imposée.

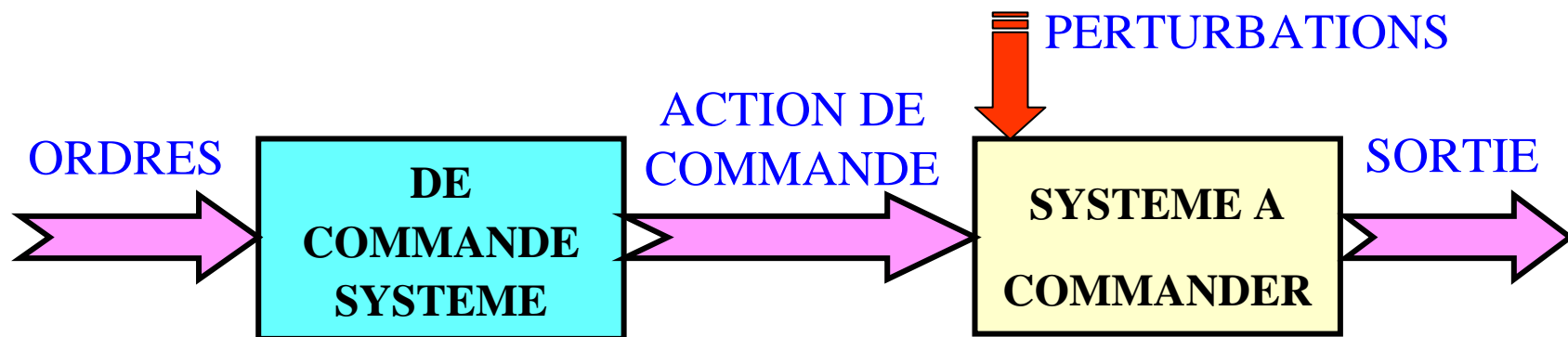
## Intérêts de la commande

- Piloter avec régularité des tâches pénibles, répétitives ou monotones.
- Piloter avec précision et en toute sécurité des systèmes rapides, peu stable ou complexe.

# Systeme de commande

Un système commandé est composé d'un **système de commande** et du **système à commander**.

- ✓ **Commander** : C'est organiser un système dans un but fixé.
- ✓ Le **système à commander** est le système sujet à la commande (four, moteur, réacteur ...)





# Paramètres

ORDRES

- signal d'entrée, consigne : Exemple fixer une température à 37 °c ou fixer une trajectoire d'un avion.

ACTION DE  
COMMANDE

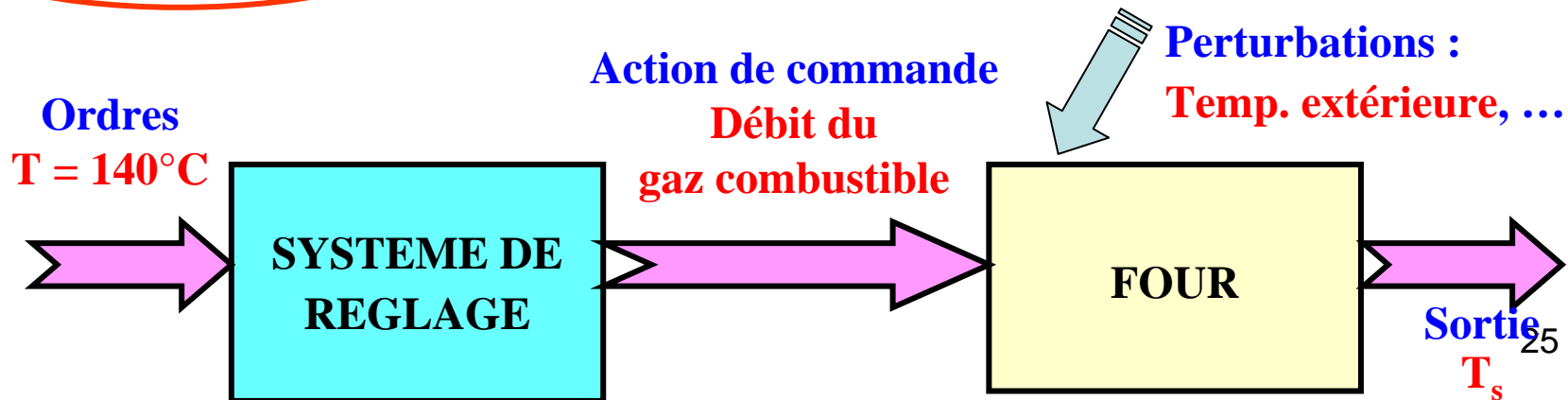
- action susceptible de changer l'état du système à commander. Elle est élaborée en fonction des ordres.

PERTURBATIONS

- variables aléatoires dont on ne connaît pas l'origine

SORTIE

- signal de sortie, variable à contrôler

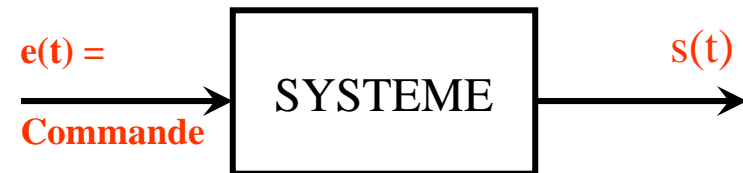


# Boucle ouverte / fermée

On distingue deux classes de systèmes de commande:

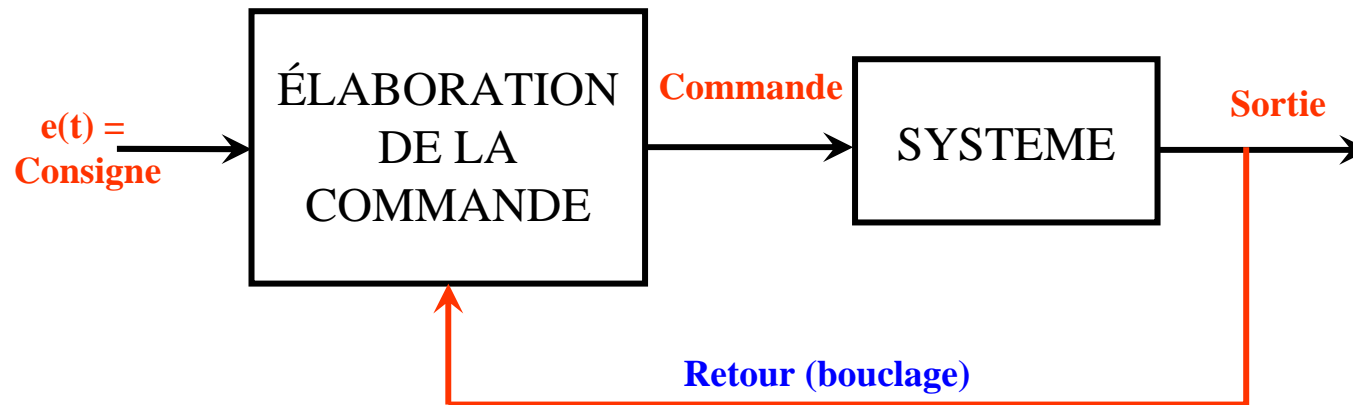
➤ **Système en boucle ouverte :**

Le signal de commande est indépendant du signal de sortie.



➤ **Système en boucle fermée :**

Le signal de commande est lié au signal de sortie.



# Exemple 1

## Chauffage électrique d'une salle

**Système** = salle + ensemble chauffage.

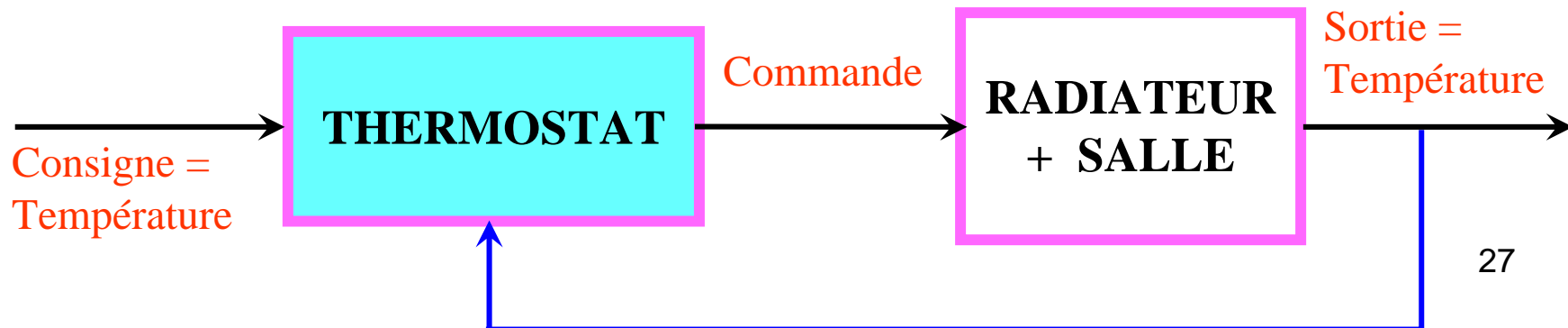
**Sortie** = température de la salle.

**Commande** = position de l'interrupteur

**Perturbations** = ouverture d'une fenêtre, de la porte ou les rayons du soleil

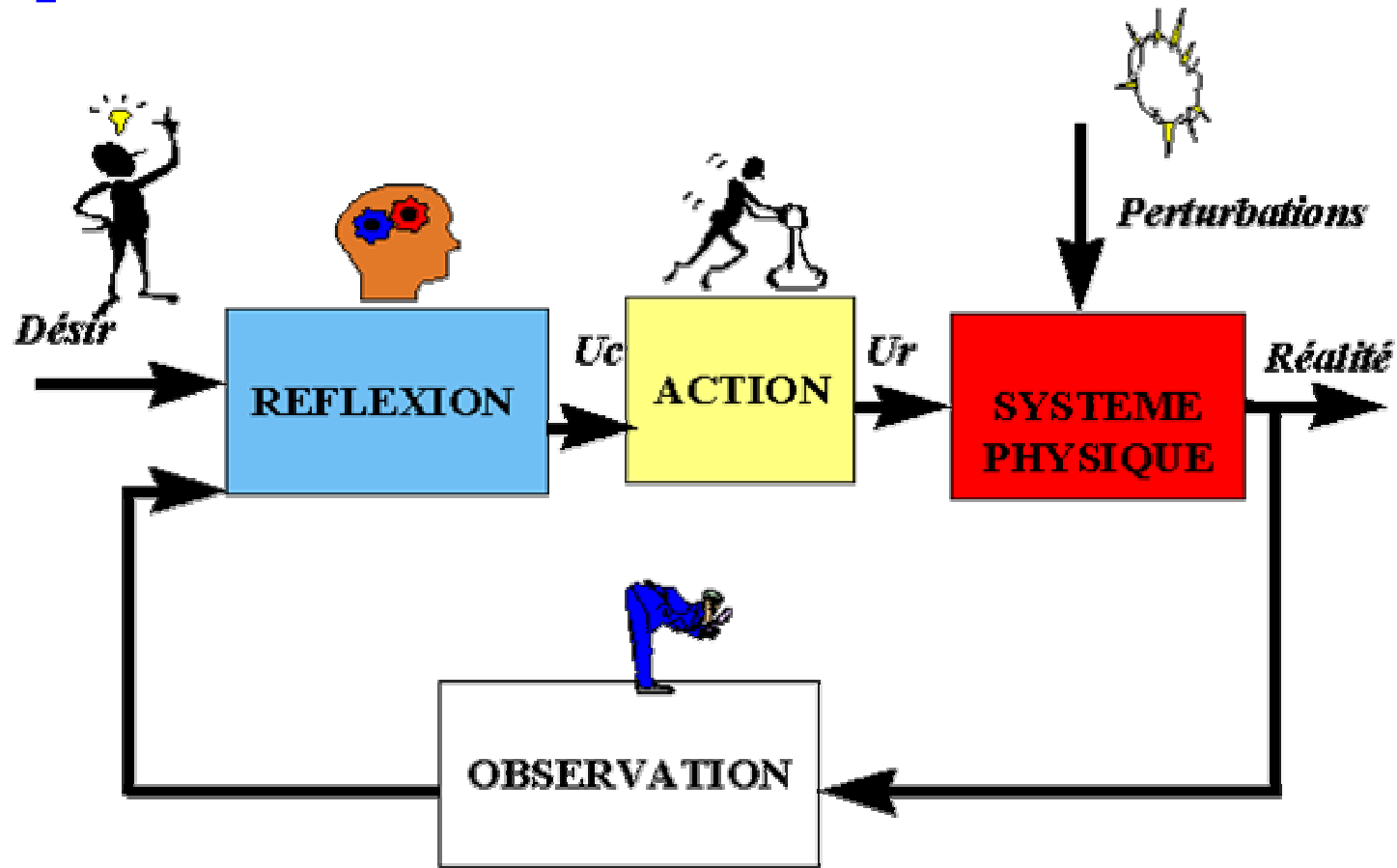
**En boucle ouverte** : la commande est insensible à la sortie

**En boucle fermée** : utilisation d'un thermostat. La commande est élaborée en fonction de la consigne (température souhaitée) et de la sortie (température de la pièce).



# Exemple 2

## Comportement humain

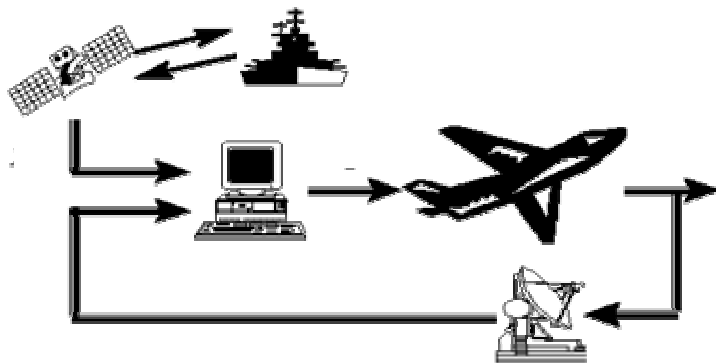


# Nécessité d'une boucle fermée

Le système de commande peut opérer en boucle ouverte à partir du seul signal de consigne.

Mais la boucle fermée (contre réaction) est capable de:

- 👍 stabiliser un système instable en BO
- 👍 compenser les perturbations externes (vent, houle, ...)
- 👍 compenser les incertitudes internes (modèle imparfait)



# Fonctions d'une commande

Deux fonctions sont possibles dans la commande :

➤ **Asservissement** Un système asservi est un système dit suiveur, c'est la consigne qui varie. Exemple: commander un missile qui poursuit une cible.

➤ **Régulation** Dans ce cas, la consigne est fixée et le système doit compenser l'effet des perturbations. Exemple: le réglage de la température dans un four

# Propriétés

Le rôle d'un automaticien est de concevoir un système automatique qui soit :

➤ **Stable**

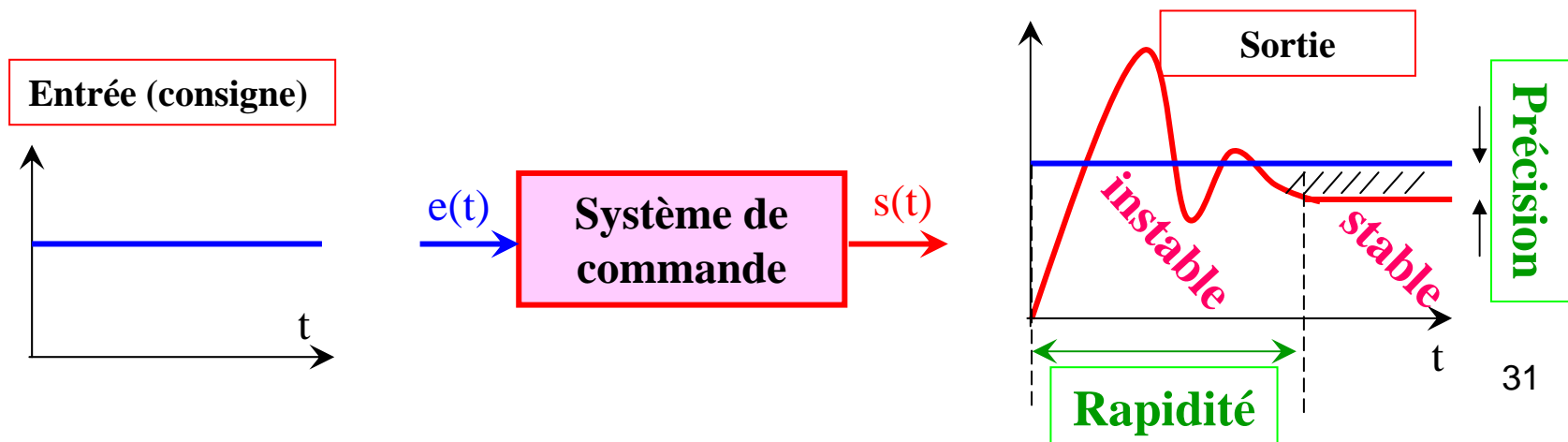
La grandeur de sortie doit converger vers une valeur finie si le signal d'entrée est aussi limité

➤ **Précis**

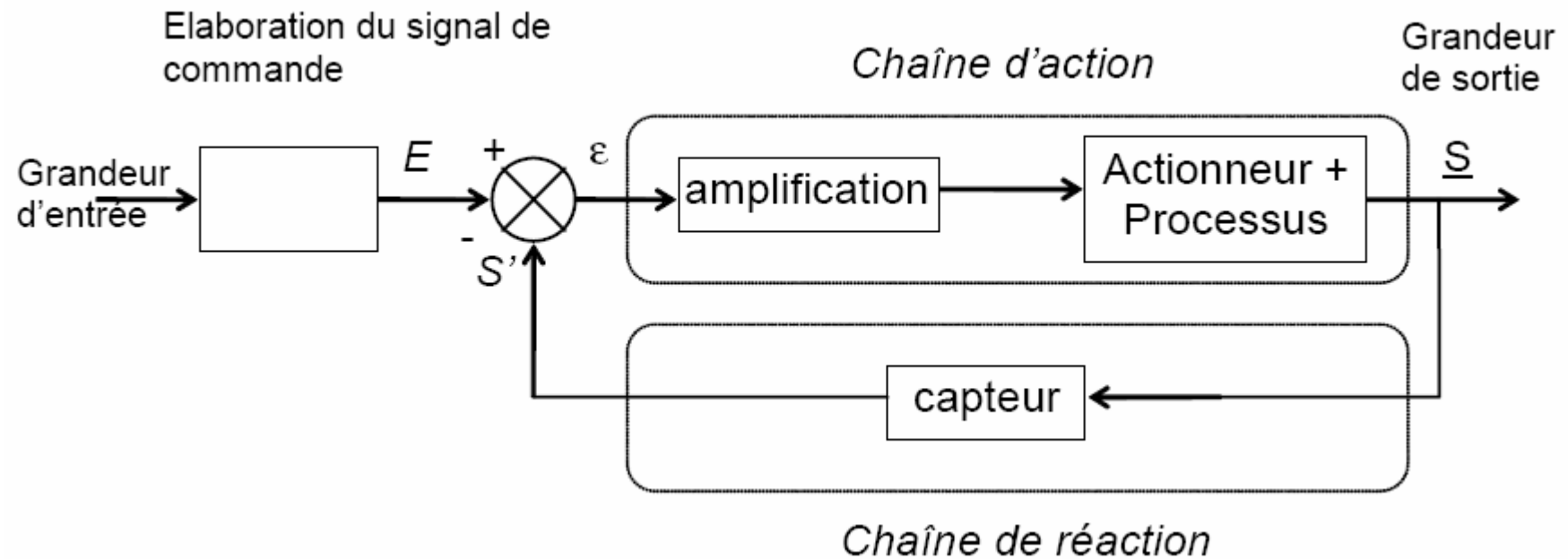
La grandeur à mesurer doit être la plus proche de celle désirée à l'état statique

➤ **Rapide**

Il doit répondre rapidement à une excitation.



# Composants





# Composants

CAPTEUR

➤ organe de transformation d'une grandeur physique à une grandeur de type électrique ou pneumatique (capteur de température, de position, de vitesse, ...)

DETECTEUR  
D'ECART

➤ comparateur, système à deux entrées (sorties des capteurs) et une sortie proportionnelle à l'erreur ou l'écart entre les deux entrées.

ACTIONNEUR

➤ élément qui commande le système à asservir. Sa fonction principale est donc l'exécution. Il travaille souvent à de très hautes puissances.

AMPLIFICATEUR

➤ Il se situe entre le détecteur d'écart et l'actionneur. C'est lui qui donne qui délivre la puissance d'entrée nécessaire à ce dernier.

CORRECTEUR

➤ il se place entre le détecteur d'écart et l'amplificateur. Il permet d'améliorer les performances du système à asservir.

# Les signaux de commande

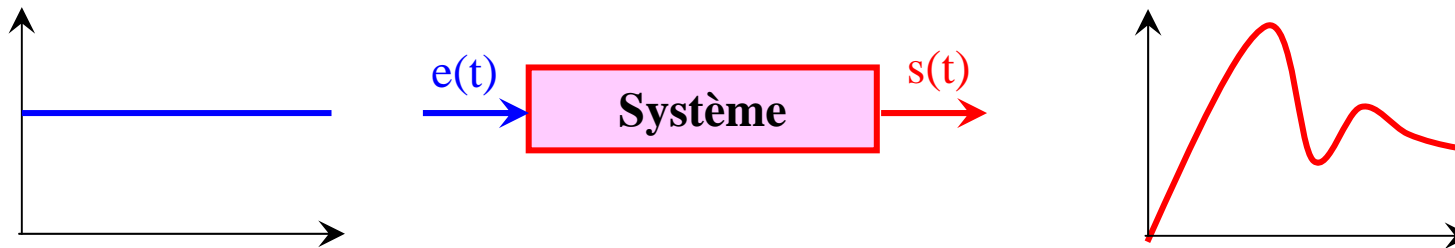
# Plan



- Définitions
- Type de signaux
  - Rampe
  - Échelon
  - Impulsion de Dirac

# Signaux

- **Signal** : Grandeur physique générée par un appareil ou traduite par un capteur (tension, température, débit, etc.)



Pour un système donnée, on distingue :

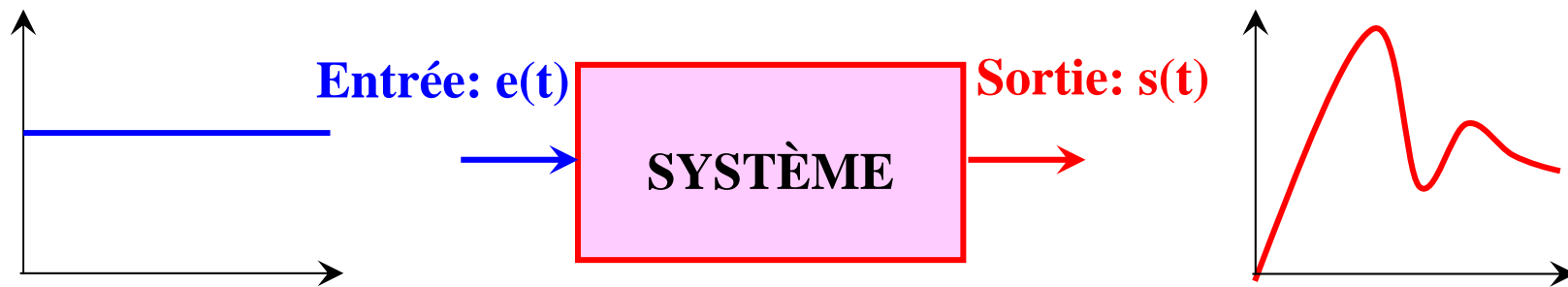
**Signal d'entrée** : indépendant du système, il se décompose en **commandable** et **non commandable** (perturbations)

**Signal de sortie** : dépendant du système et de signal d'entrée.

On distingue **sortie observable** et **non observable**

# Signaux de commande

- Pour analyser le comportement d'un système, on utilise un ensemble de signaux d'entrée (signaux type).



- L'évolution de la sortie du système soumis à ces signaux type permettra de caractériser le système, et facilitera la comparaison des résultats obtenus.

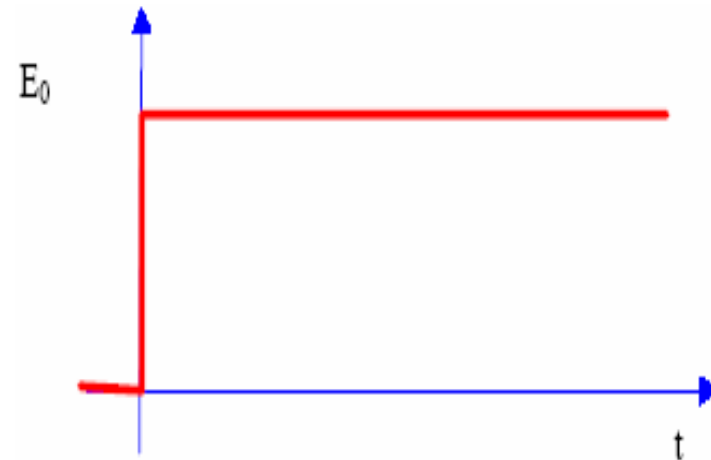
# Signaux type

## Signal en Échelon

$$e(t) = E_0 \cdot u(t)$$

Avec  $U(t)$  fonction de Heaviside

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

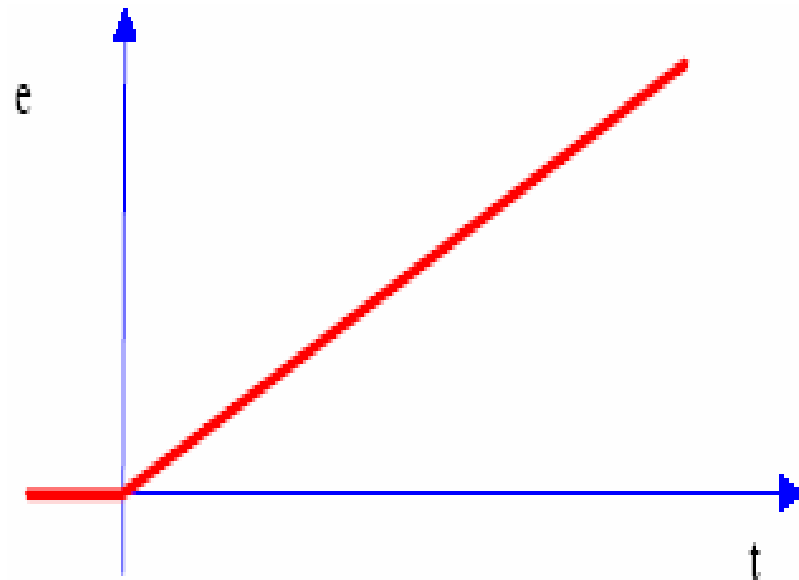


Cette fonction permet de soumettre un système à une entrée constante

# Signaux type

## Signal en Rampe

$$e(t) = a \cdot t \cdot u(t)$$

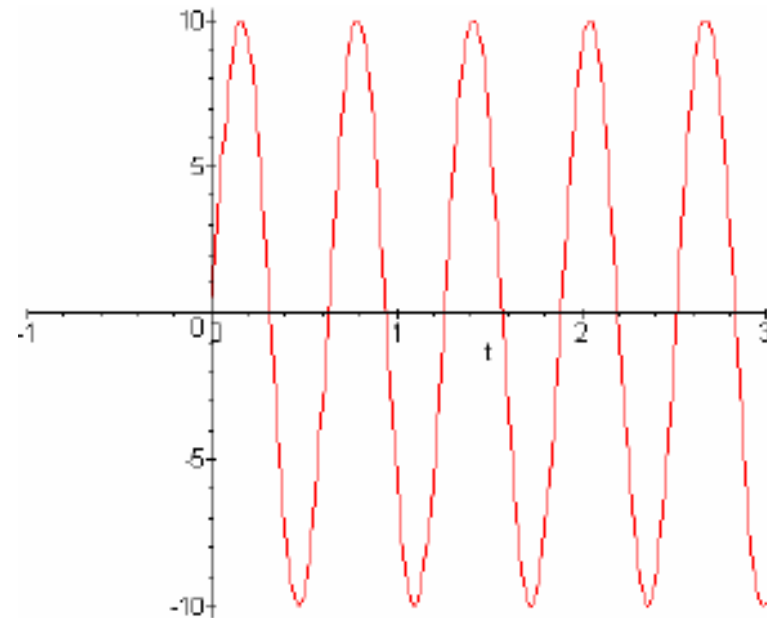


Ce signal permet d'analyser la réponse d'un système en *poursuite*

# Signaux type

## Signal sinusoidal

$$e(t) = K \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot u(t)$$



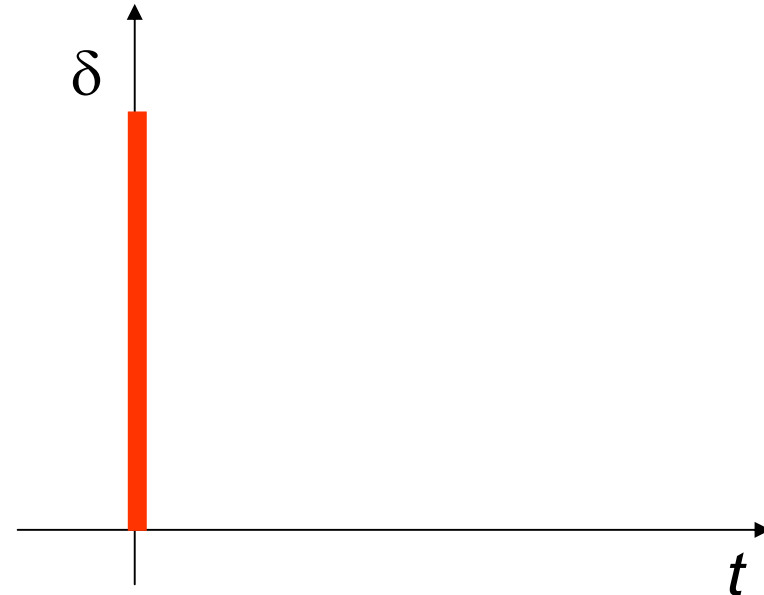
Ce signal permet d'analyser la réponse fréquentielle d'un système



# Signaux type

## Impulsion de Dirac

$$\forall t \neq 0, \delta(t) = 0 \text{ et } \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) \cdot dt = 1$$



Ce signal permet de simuler l'effet d'une action s'exerçant durant un temps très bref (impulsion, choc)

**« l'essence des bonnes machines est de se gouverner par elles-mêmes, autant qu'il est possible et sans le secours de l'intelligence humaine »**

*J.V. Poncelet (1826), extrait du premier (?) Cours d'Automatique (d'après 'Éléments d'Automatique', Faure, Robin, Dunod)*

# Annexe :

*Le régulateur à boules de Watt schématisé ci-après est l'un des multiples mécanismes ingénieux développés au 18ème siècle durant la révolution industrielle.*

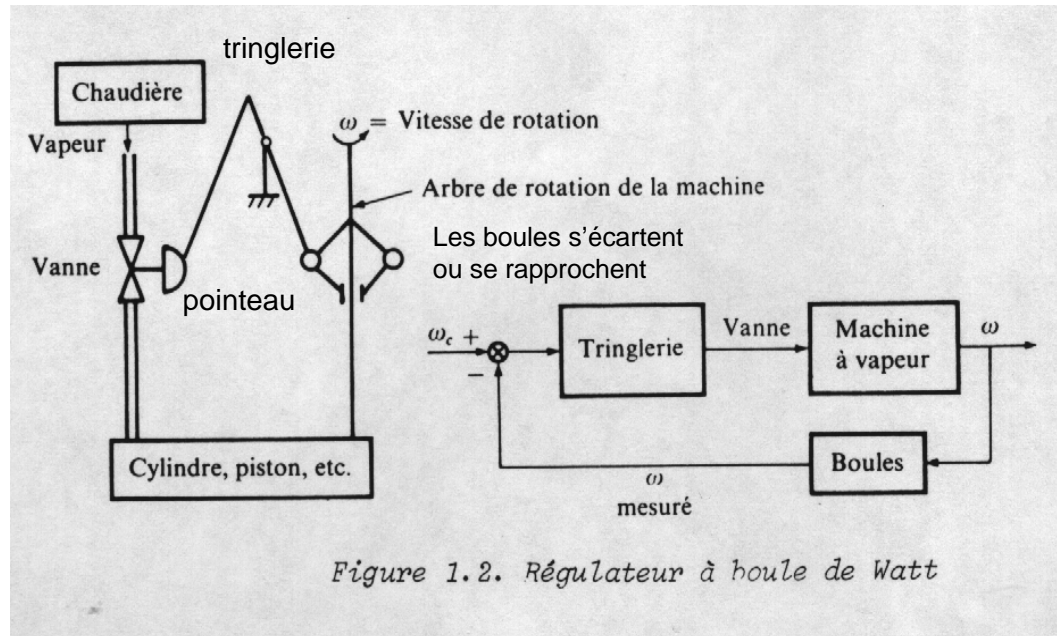


Figure 1.2. Régulateur à boule de Watt

*Il s'agit de stabiliser la vitesse de rotation du moteur à vapeur, en régulant la pression de la vapeur dans la chaudière. Sinon, ce processus est instable. C'est donc une application du principe de contre réaction, et Watt est présenté par les anglo-saxons comme le père des automatismes.*