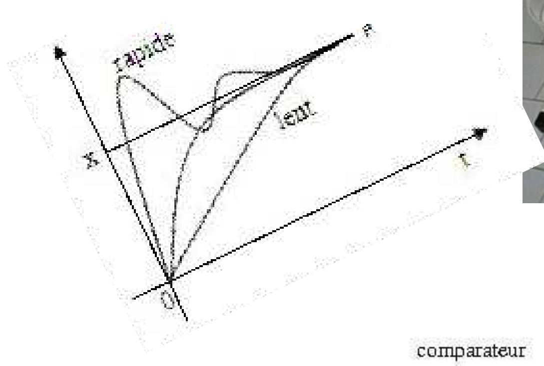
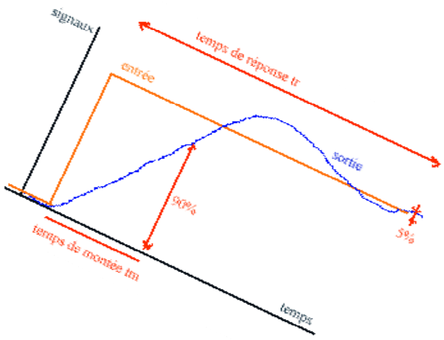
# S9 – AUTOMATISMES ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

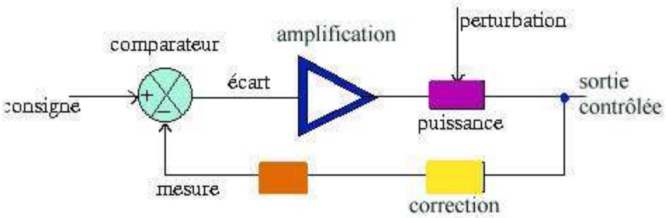
## *Fascicule 6*

# Régulation et asservissement

S94



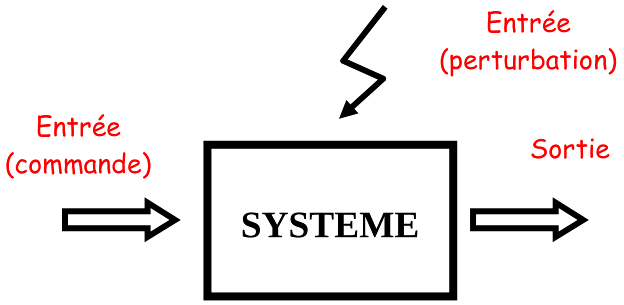



## 1) Définitions

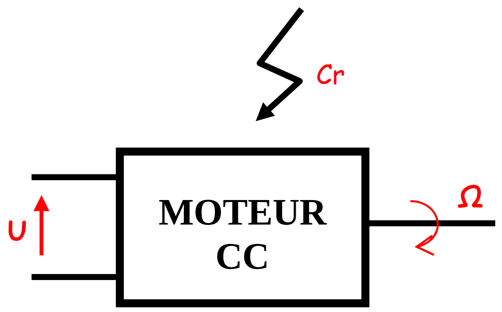
Un système représente un ensemble de processus en évolution. Diverses actions (entrée) peuvent être effectuées pour atteindre des objectifs données (sortie)

- Signaux d'entrée : indépendants du système, ils sont de deux sortes :
  - Consigne : donnée commandable
  - Perturbation : donnée non commandable

- Signaux de sortie : ils sont dépendants du système et du signal d'entrée.



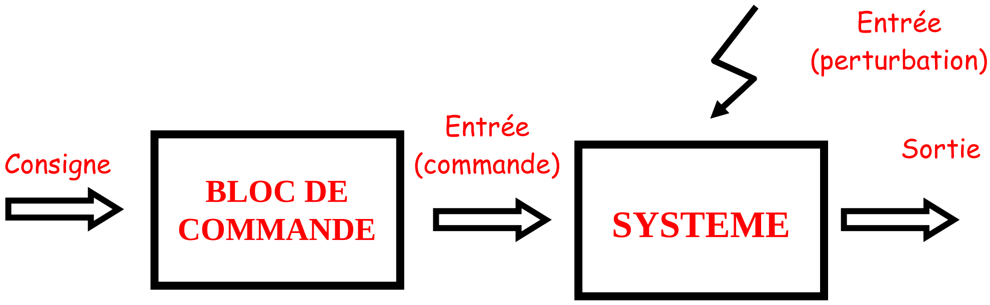

Exemple :




Variable d'entrée commandée (notion de consigne): tension U
Variable de sortie : vitesse de rotation Ω
Variable d'entrée non commandée (perturbation) : couple résistant Cr

## 2) Elaboration de la commande :

La commande d'entrée doit être compatible avec le système. Il est généralement nécessaire d'interposer un bloc de commande pour adapter la consigne à la commande du système :



*La consigne :*

C'est une grandeur d'origine théorique qui peut se présenter sous deux formes :

- Signal analogique : par exemple la tension de sortie d'un potentiomètre.
- Information numérique : contenu d'une variable informatique, par exemple la variable position dans le cas d'une commande de position angulaire d'une antenne.

*Le bloc de commande :*

C'est l'organe permettant de traduire la consigne en une grandeur de commande compatible avec le système.
C'est par exemple, un amplificateur suiveur de puissance pour la commande de vitesse d'un moteur à courant continu.

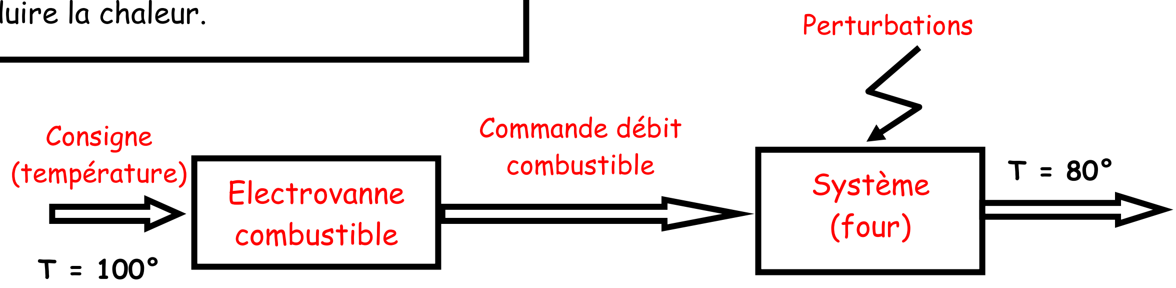
*La commande :*

C'est la grandeur susceptible de changer l'état du système et en particulier l'état de la sortie.

### 3) Systèmes en boucle ouverte :

Un système en boucle ouverte ne récupère aucune information de sortie comme l'exemple ci-dessous :

On veut maintenir un four à 100 °C. On agit sur le débit du combustible pour produire la chaleur.



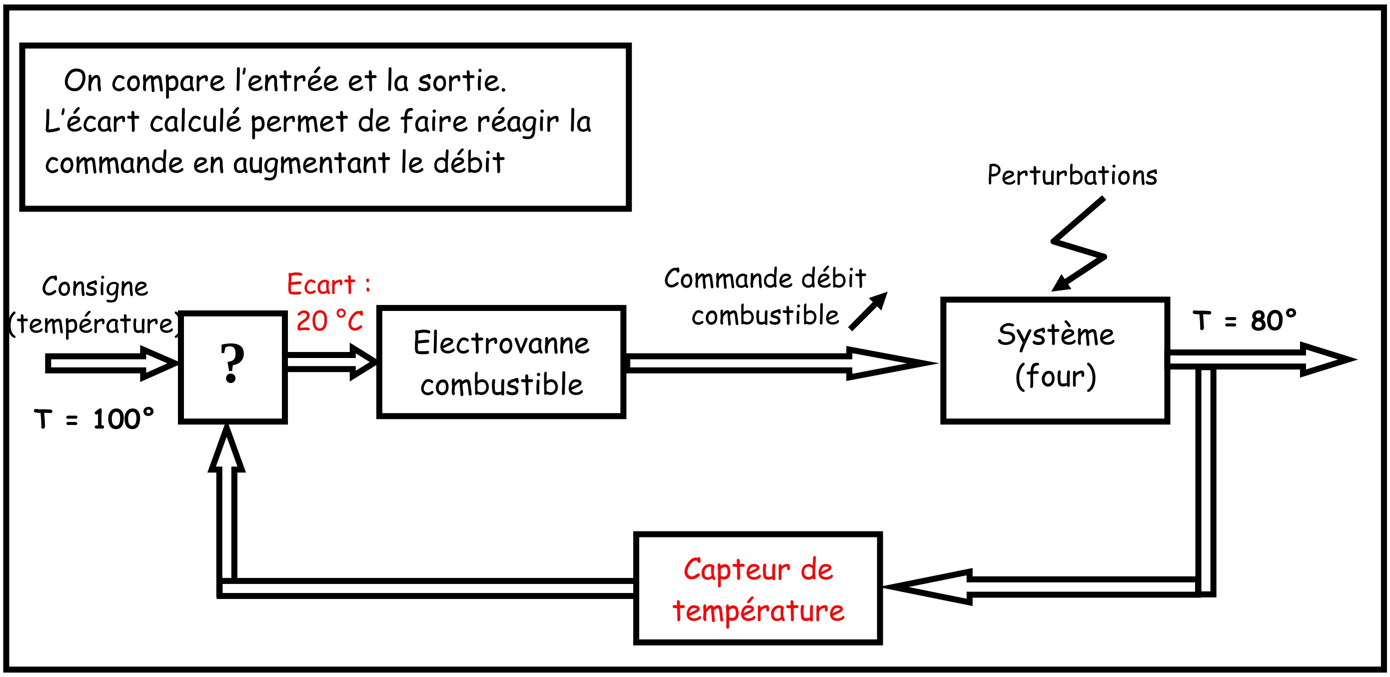

En raison des perturbations (ouverture du four par exemple), on observe une température du four de 80 °C pour une consigne de 100 °C soit une différence de 20 °C qui n'est pas acceptable

L'inconvénient majeur du système à boucle ouverte réside dans l'impossibilité de connaitre l'information de sortie (résultat) afin d'agir éventuellement pour corriger un défaut ; cette technologie est cependant utilisée lorsque la sortie ne demande pas une grande précision.

## 4) Systèmes en boucle fermée : systèmes asservis

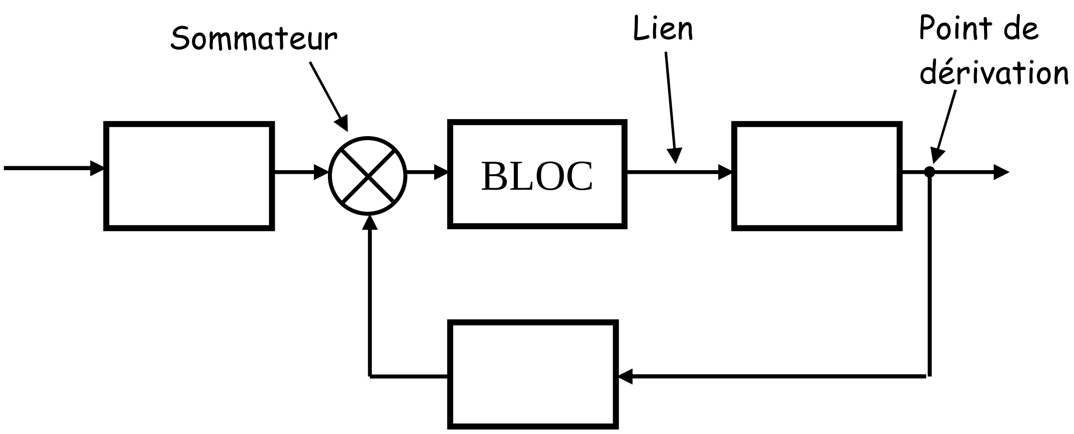
Il faut récupérer une information supplémentaire pour comparer la demande d'entrée et la sortie.

Dans notre cas la l'opérateur compare la température désirée (consigne) avec la température réelle (mesure) pour évaluer l'écart (erreur) et ajuster en conséquence (commande).




## 5) Schématisation des systèmes :

- Schéma bloc
  Un système sera modélisé par un schéma bloc (fonctionnel) :




Dans notre étude, chaque bloc possède une seule entrée « e »et une seule sortie « s » (système mono-variable).

A chaque bloc fonctionnel correspond une équation différentielle linéaire à coefficients constants :

$$a_n \frac{d^n s(t)}{dt^n} + \cdots + a_1 \frac{ds(t)}{dt} + a_0 s(t) = b_m \frac{d^m e(t)}{dt^m} + \cdots + b_1 \frac{de(t)}{dt} + b_0 e(t)$$

Afin de simplifier l'étude, les problèmes différentiels sont remplacés par des problèmes algébriques.

## Transformée de Laplace :

A toute fonction f(t) définie pour t>0, on fait correspondre une fonction F(p) de la variable complexe p que l'on appelle **transformée de Laplace de f(t).**

$$F(p) = \int_0^\infty e^{-p.t} f(t)dt$$

$$Notations : F(p) = \mathcal{L}\big(f(t)\big) \quad et \quad f(t) = \mathcal{L}^{-1}(F(p))$$

Transformée de Laplace — Transformée inverse de Laplace

## Propriétés des Transformées de Laplace :

- **Linéarité** : avec a et b constantes : $\mathcal{L}\big(a.f(t) + b.g(t)\big) = a.\mathcal{L}\big(f(t)\big) + b.\mathcal{L}(g(t))$

  *Applications : calcul de la transformée inverse en passant par la décomposition en éléments simples*

- **Dérivation** : cette propriété est fondamentale cal elle conduit à « l'algébrisation » des équations différentielles. C'est pour cette propriété qu'on utilise la transformation de Laplace

  $$\mathcal{L}\big(f'(t)\big) = p.\mathcal{L}\big(f(t)\big) - f(0) = pF(p) - f(0)$$

  *Applications : aux équations différentielles. Remarque :* $\delta(t) = \dot{u}(t)$

- **Intégration** : inversement $\mathcal{L}(\int_0^t e^{-\lambda\tau}.f(t).d\tau) = \frac{1}{p}.F(p)$

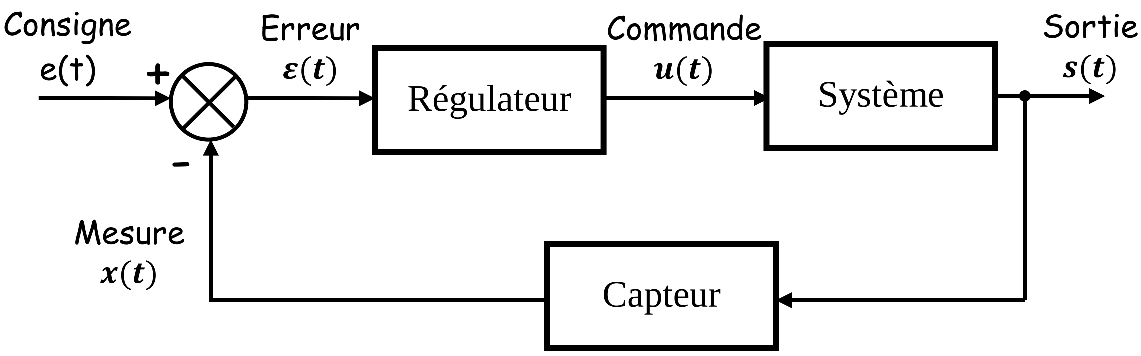
- **Théorèmes de la valeur initiale et de la valeur finale** :

  Valeur initiale : $\lim_{t\to 0} f(t) = \lim_{p\to\infty} p.F(p)$

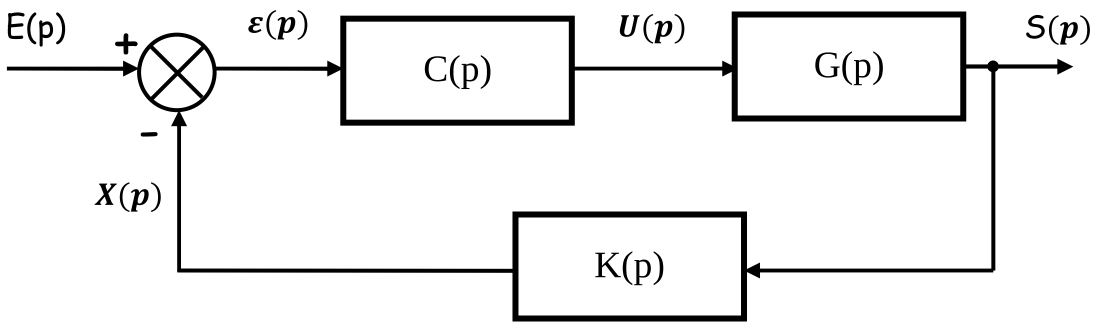
  Valeur finale : $\lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{p\to 0} p.F(p)$

  *Applications : détermination des valeurs limites de f(t) ne connaissant que F(p)*

➢ Schéma temporel : les divers signaux sont exprimés en fonction du temps



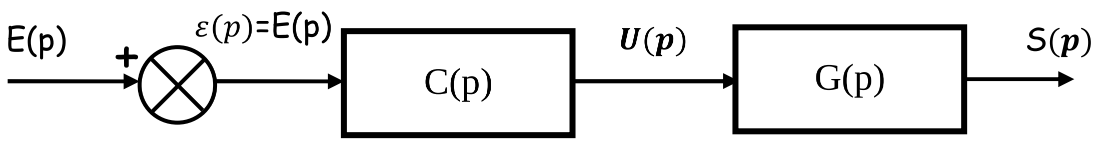

➢ Schéma isomorphe : les signaux subissent une transformation de Laplace :




## 6) Expression des transmitances :

➢ ***Chaîne directe :***

On ne prend pas en compte la chaîne de mesure : (chaîne de retour) :

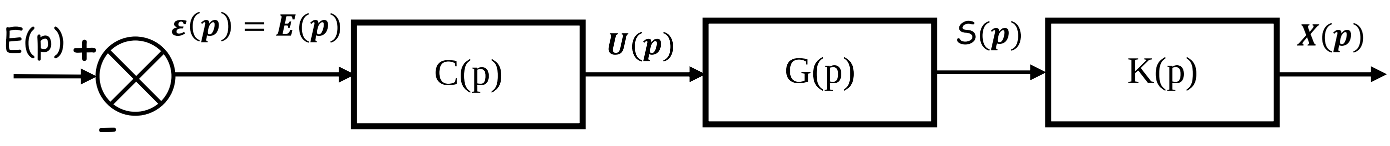



On appelle **transmitance de la chaîne directe** la grandeur :

$$\boxed{T_{CD}(p) = C(p)G(p) = \frac{S(p)}{E(p)}}$$

- ***Boucle ouverte :***

Si on tient compte de la chaîne de mesure mais sans branchement au comparateur, on obtient le schéma représenté ci-dessous :

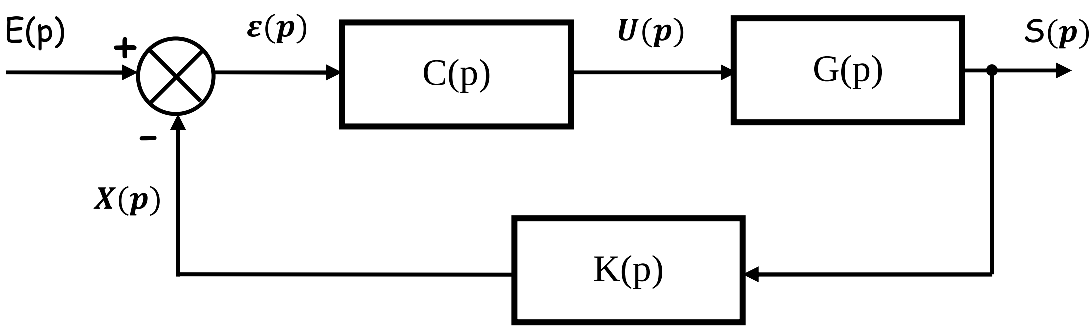



On appelle **transmitance de la boucle** ouverte la grandeur :

$$\boxed{T_{BO}(p) = K(p)C(p)G(p) = \frac{X(p)}{E(p)}}$$

- ***Boucle fermée :***

On prend le système asservi complet :




On appelle **transmitance de la boucle fermée** la grandeur :

$$\boxed{T_{BF}(p) = \frac{S(p)}{E(p)} = \frac{C(p)G(p)}{1 + K(p)C(p)G(p)}}$$

Démonstration : $S(p) = \varepsilon(p)C(p)G(p)$

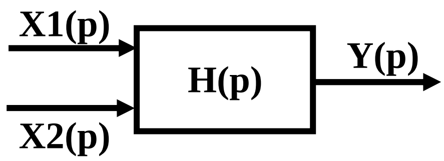
$S(p) = [E(p) - X(p)]C(p)G(p)$

$S(p) = [E(p) - K(p)S(p)]C(p)G(p)$

$S(p)[1 + K(p)C(p)G(p)] = E(p)C(p)G(p)$

## 7) Principe de superposition :

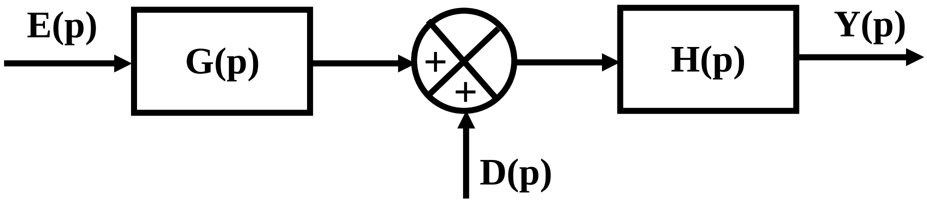
Lorsqu'un système de fonction de transfert H(p), sollicité par deux entrées $X_1(p)$ et $X_2(p)$ on note Y(p) la sortie de ce système :




Annulons $X_2(p)$, on trouve $Y1(p) = H(p)\, X_1(p)$
Annulons $X_1(p)$, on trouve $Y2(p) = H(p)\, X_2(p)$

Le principe de superposition stipule que : $Y(p) = Y1(p) + Y2(p)$

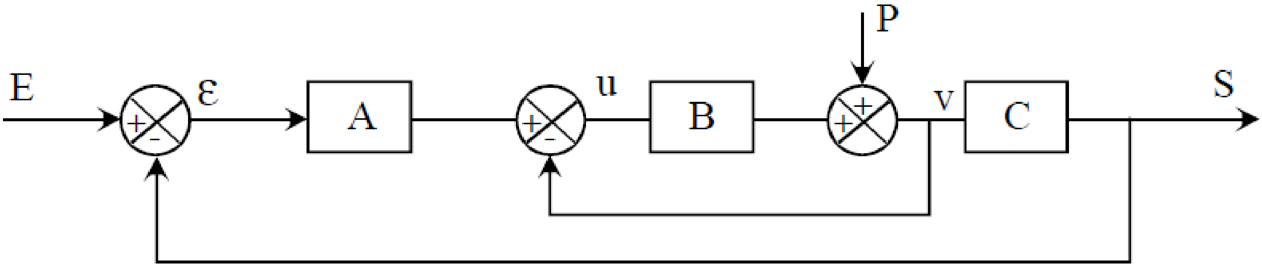
Autre cas :




Annulons D(p) alors on trouve : $Y_E(p) = H(p)\, G(p)\, E(p)$
Annulons E(p), on trouve : $Y_D(p) = H(p)\, D(p)$

Ainsi : $Y(p) = Y_E(p) + Y_D(p) = H(p)\, [\, G(p)\, E(p) + D(p)\, ]$

Application




Donner l'expression de S(p) en fonction de E(p) et de P(p)