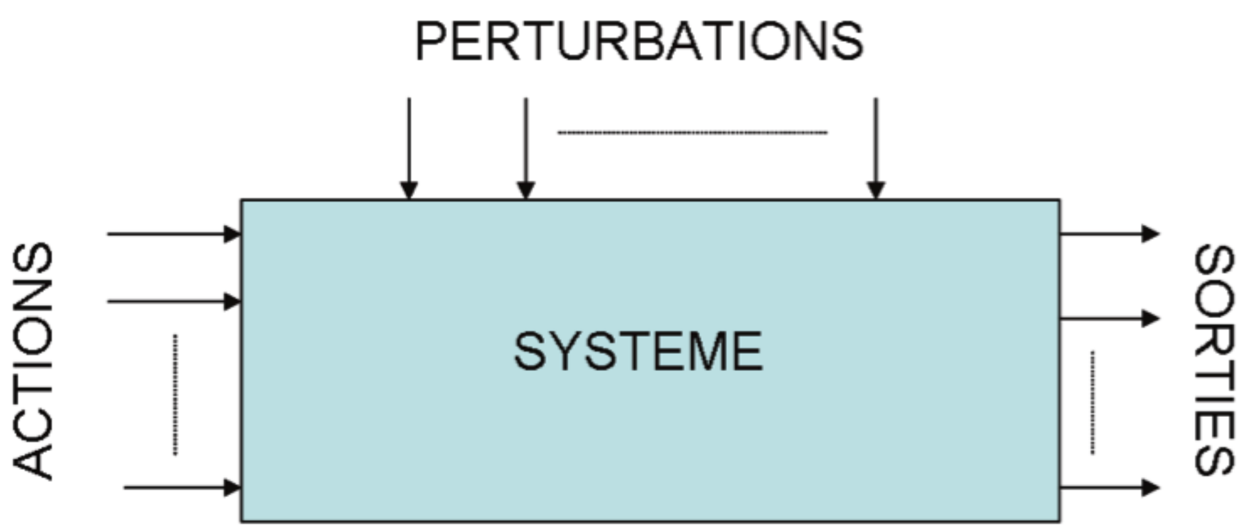
Commande des Systèmes

Ahmad Hably
ahmad.hably@grenoble-inp.fr

Système

un système est une boîte noire qui possède des entrées sur lesquelles nous allons pouvoir agir - les actions - et des sorties qui nous permettent d'observer les réactions induites



Les interactions du système avec l'environnement sont schématisées par des perturbations.

Exemple

Cas d'une automobile

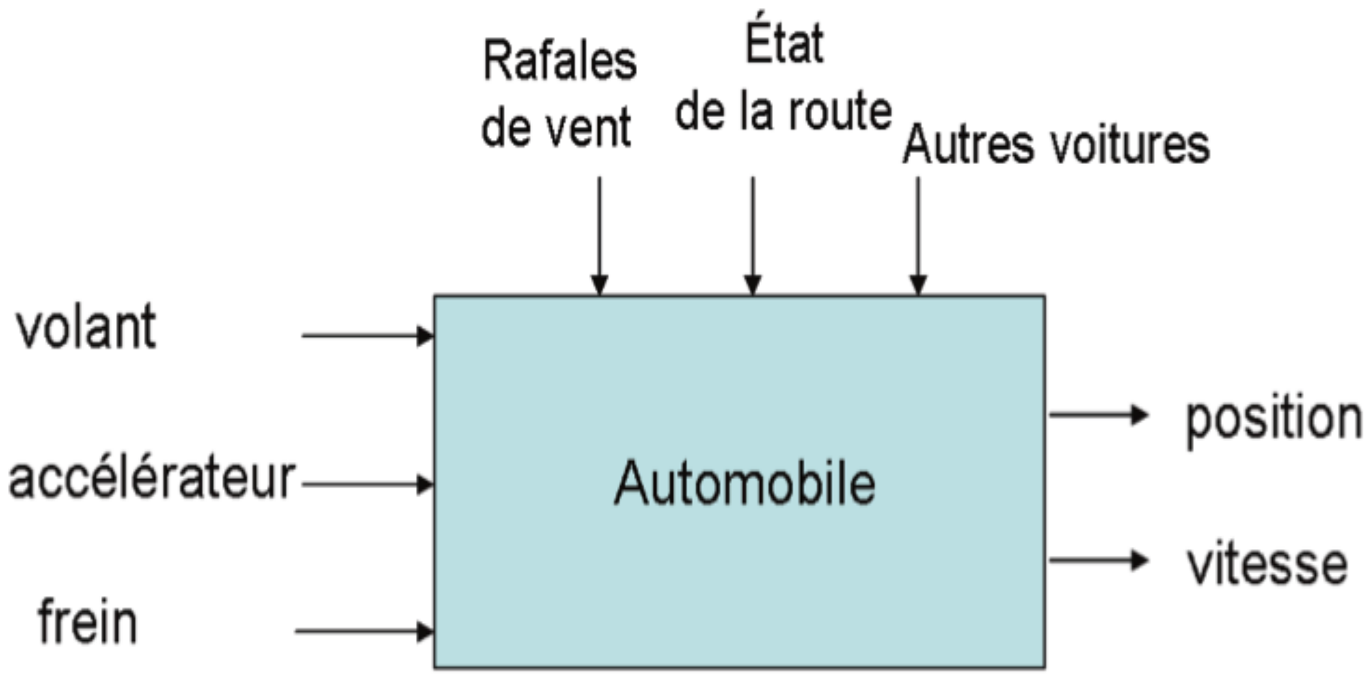
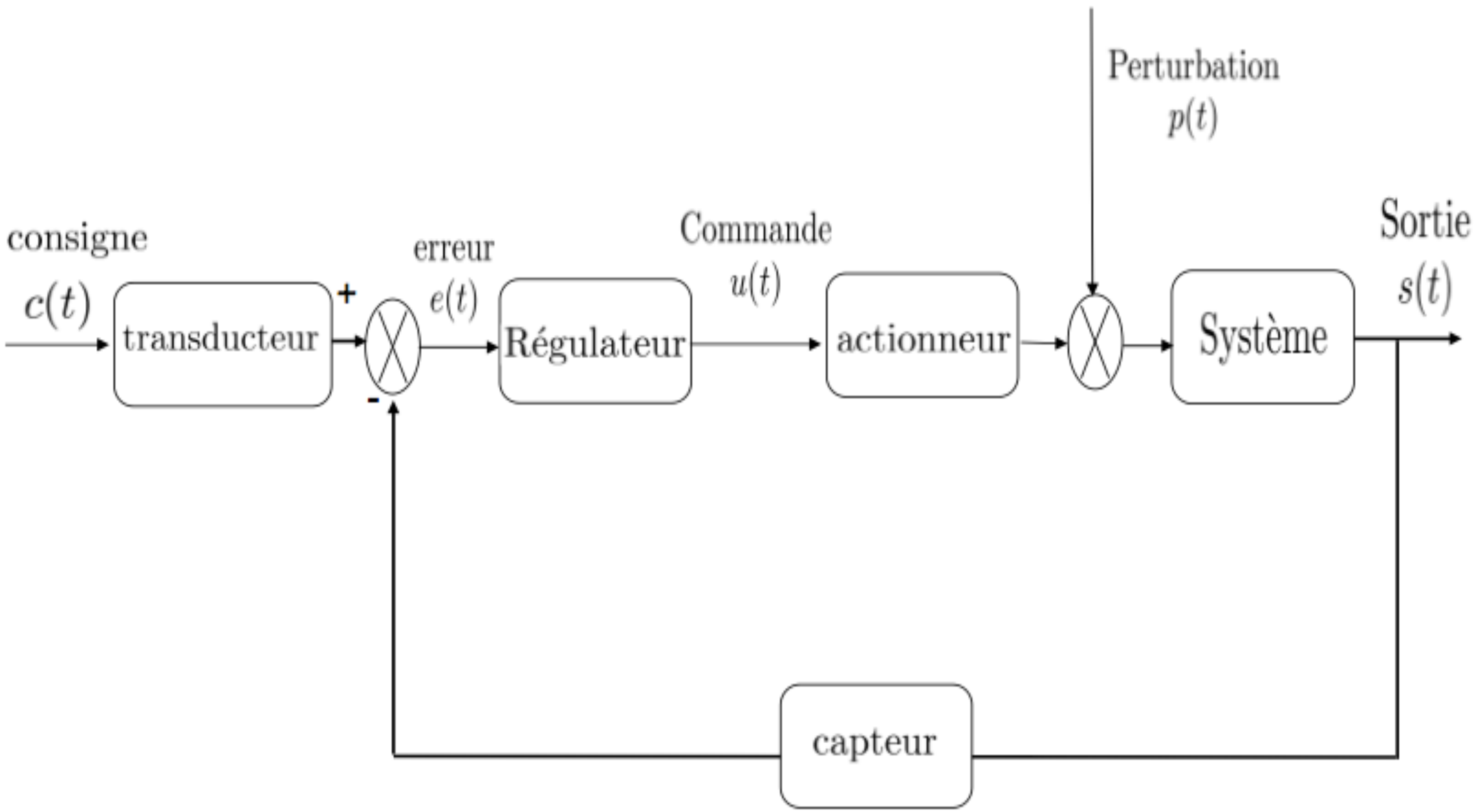


Schéma Fonctionnel d'un asservissement



Notion de bouclage

- Comparer le résultat réel au résultat désiré
- Agir en se basant sur la différence
- Cette idée en apparence très simple est extrêmement puissante
- La notion de bouclage est un concept clé de l'automatique

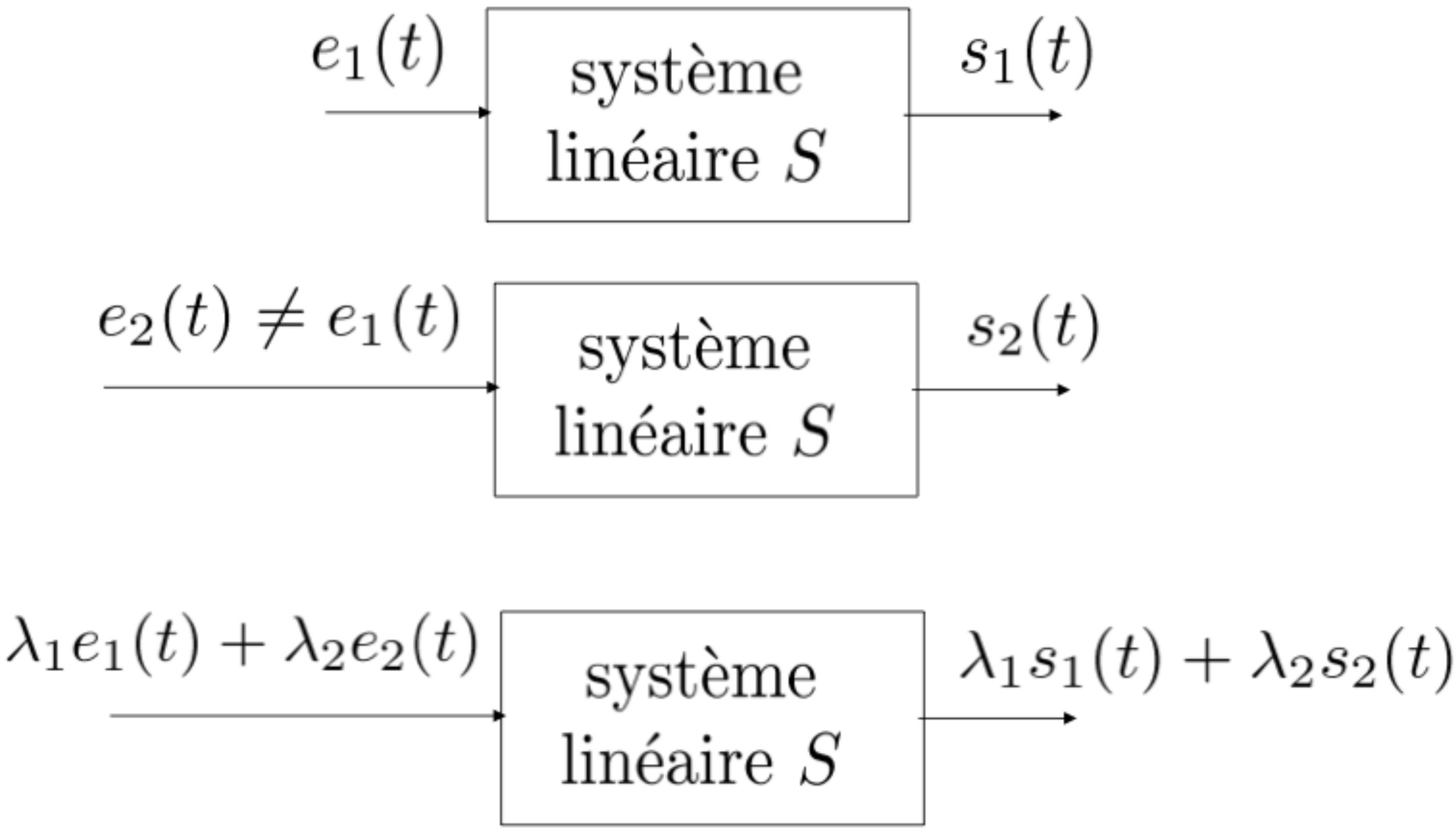
Asservissement

Le rôle de l'asservissement est de faire suivre à la sortie du système l'évolution de la grandeur de référence (ex : suivi d'une trajectoire prédéfinie pour un satellite)

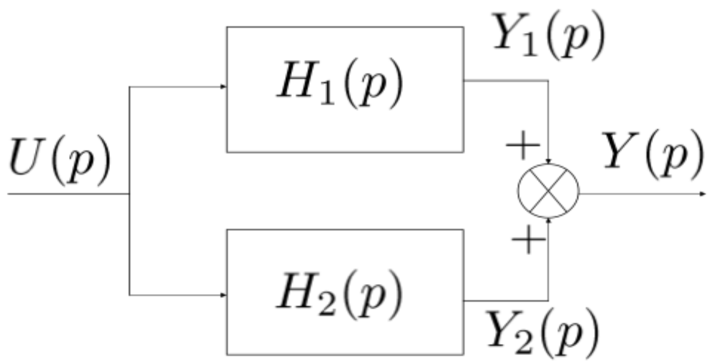
Régulation

Maintien d'une grandeur physique à une valeur constante desirée (ex : régulation de température, maintien constante de la vitesse d'un moteur malgré les variations importantes de la charge).

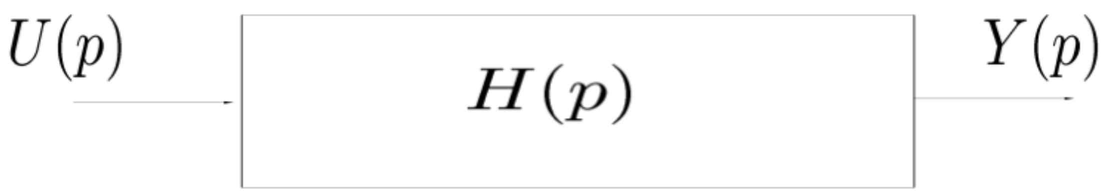
Cadre de l'étude



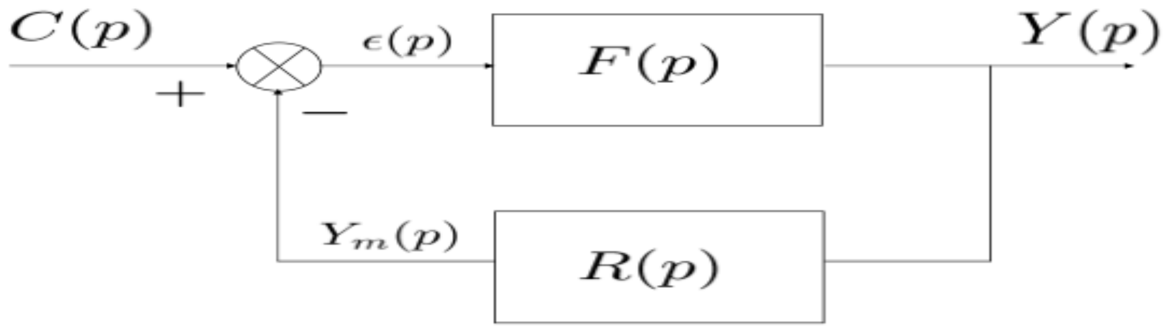
Association



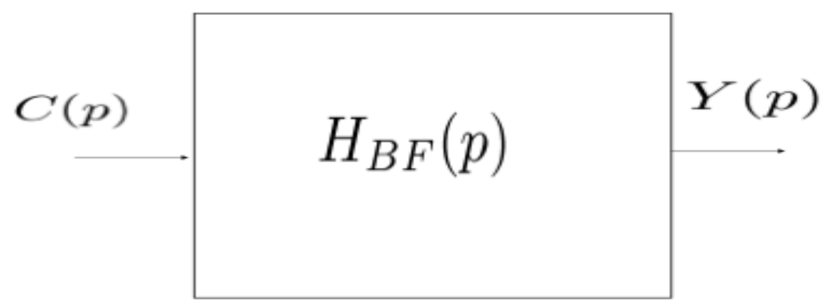
$$Y(p) = Y_1(p) + Y_2(p) = (H_1(p) + H_2(p))U(p)$$



$$H(p) = H_1(p) + H_1(p)$$



- Chaîne directe $F(p)$, Chaîne de retour $R(p)$
- $H_{BO}(p) = F(p)R(p)$ transfert de boucle ouverte

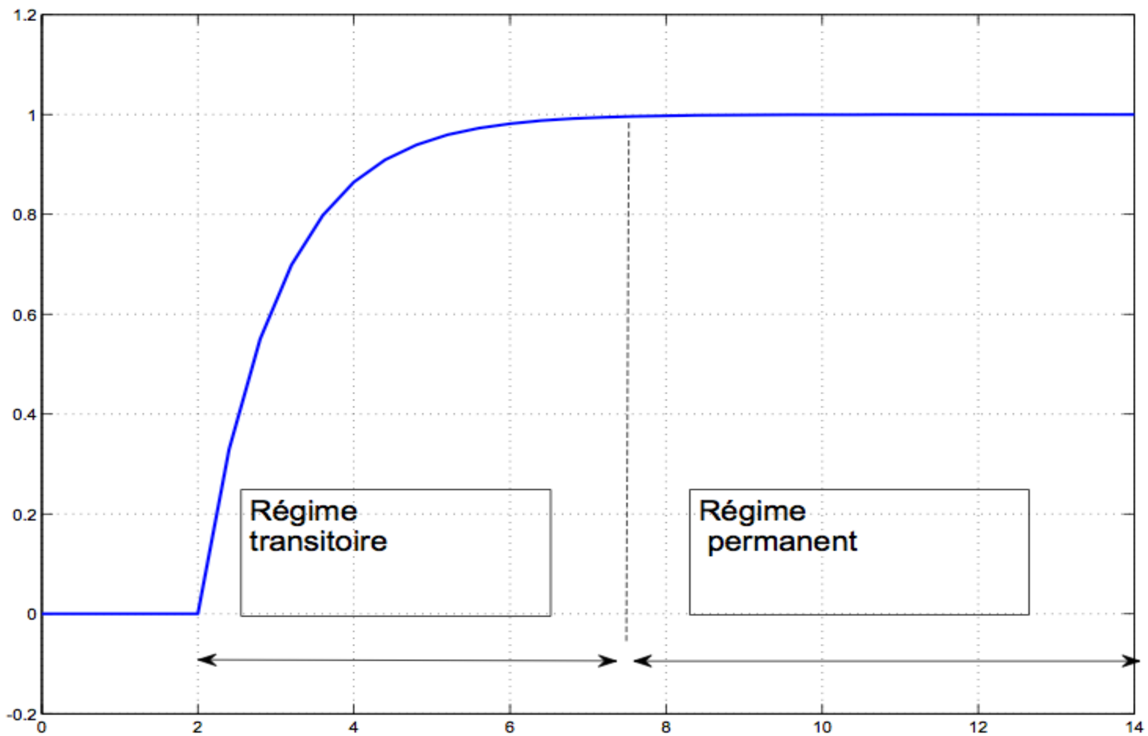


$$H_{BF}(p) = \frac{F(p)}{1 + F(p)R(p)} = \frac{F(p)}{1 + H_{BO}(p)}$$

Réponse temporelle

La réponse temporelle d'un système comprend 2 régimes :

- Le régime transitoire pendant lequel le système passe de son état initial à son état final
- Le régime permanent qui correspond à $t \to \infty$



Système du 1er ordre - fonction de transfert de la forme :

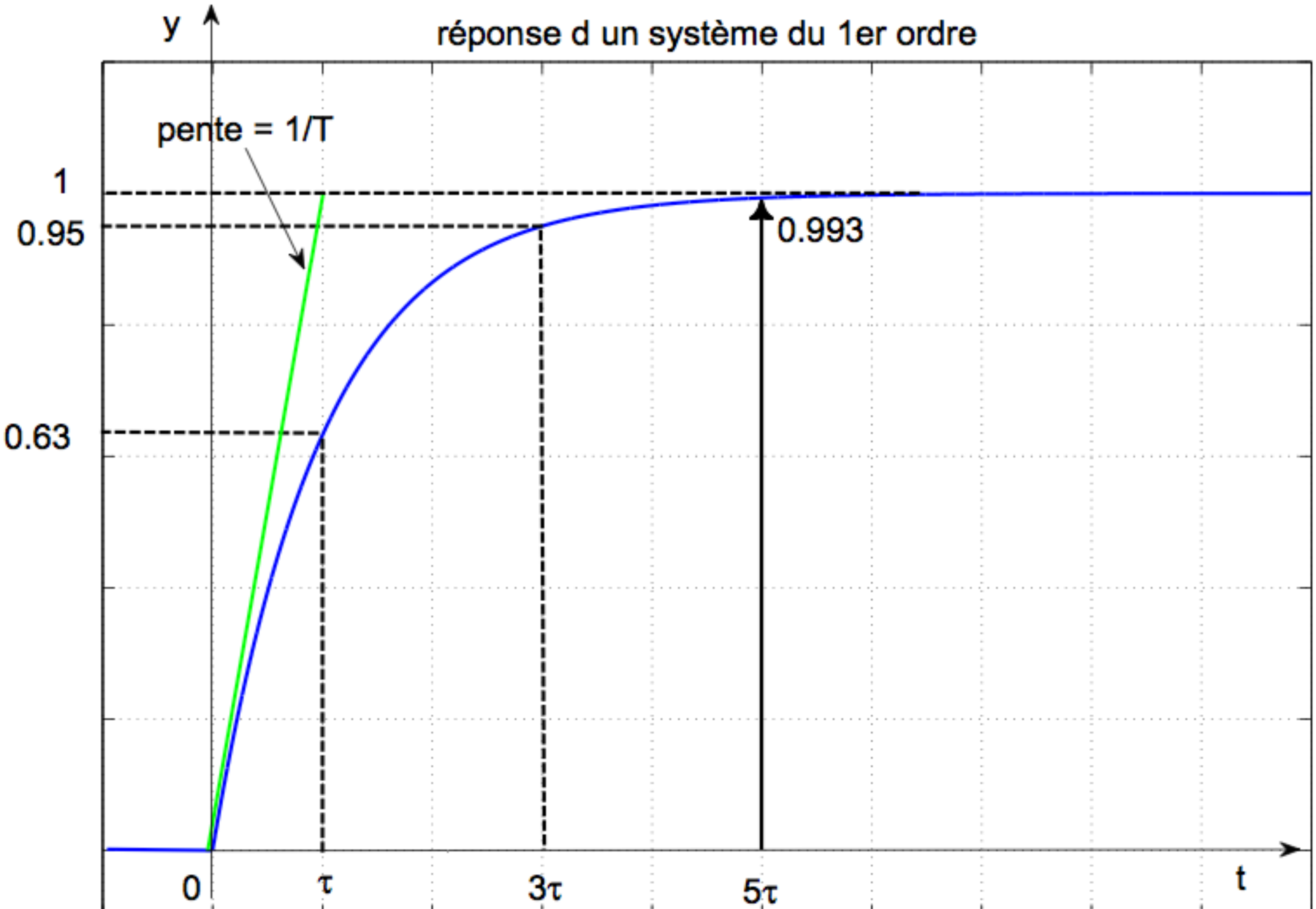
$$F(p) = \frac{K}{1 + \tau p}$$

K est le gain statique, τ est la constante de temps (> 0)
Réponse indicielle (l'entrée est un échelon unitaire) :

$$U(p) = \frac{1}{p} \quad \Rightarrow \quad Y(p) = \frac{K}{p(1 + \tau p)}$$

***

Transformée de Laplace inverse $\Rightarrow y(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, pour $t \geq 0$



réponse d un système du 1er ordre
y
pente = 1/T
1
0.95
0.63
0.993
0
τ
3τ
5τ
t

Système du 2nd ordre - fonction de transfert de la forme :

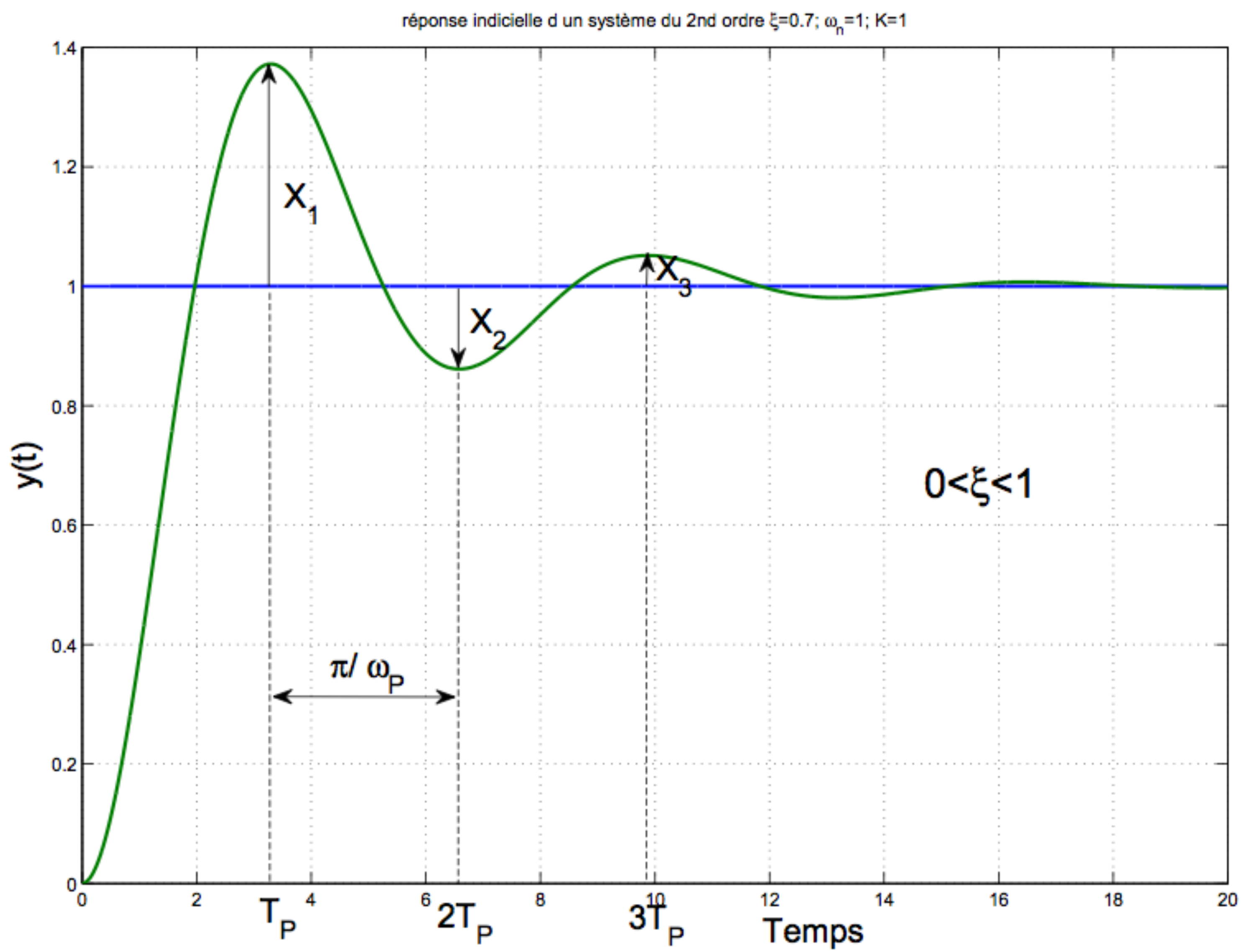
$$F(p) = \frac{K}{1 + 2\frac{\xi}{\omega_n}p + (\frac{p}{\omega_n})^2}$$

- K est le gain statique
- ξ est le facteur (ou coefficient) d'amortissement
- ω_n est la pulsation naturelle (s^{-1})

K, ξ et ω_n sont réels positifs.

les pôles du système sont : $p_{1,2} = -\xi\omega_n \pm \omega_n\sqrt{\xi^2 - 1}$

- $\xi < 1$ les pôles sont complexes conjugués
- $\xi > 1$ les pôles sont réels et distincts
- $\xi = 1$ cas particulier d'un pôle réel double $-\omega_n$



réponse indicielle d un système du 2nd ordre ξ=0.7; ωn=1; K=1
y(t)
Temps
X1
X2
X3
π/ ωP
TP
2TP
3TP
0<ξ<1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20

Objectif de la commande (cahier des charges)

- Stabilité
- Précision
- Rapidité
- Rejet de perturbation
- Désensibilisation vis-à-vis des variations paramétriques (robustesse).

Agir sur un système dynamique afin d'obtenir les performances désirées avec un coût acceptable et malgré les incertitudes et les contraintes.

Rapidité

La rapidité d'un système asymptotiquement stable se mesure par la durée de son régime transitoire.

- Système du 1^{er} ordre : $t_{5\%} = 3\tau$
- Système du 1^{er} ordre en boucle fermée à retour unitaire : $t_{5\%}^{BF} = \frac{t_{5\%}^{BO}}{1+K^{B0}}$, $K^{BO} > 0$
- Pour les systèmes complexes, régler la rapidité revient à régler les pôles dominants.
  Les réponses sont d'autant plus lentes que la partie réelle des pôles, en valuer absolue, est faible.
- augmenter la rapidité d'un système revient à élargir la bande passante.

Précision

L'erreur : $\varepsilon(t) = c(t) - y(t)$ permet de quantifier la précision d'un asservissement :

- en régime permanent $(t \to \infty)$ $\varepsilon(t)$ est appelée erreur statique
- lorsque la consigne est unitaire, la valeur de $\varepsilon(t) = \varepsilon_0$, exprimée en pourcent, définit la précision du système.
- la précision sera d'autant meilleure que ε_0 tendra vers 0