

# *LES SYSTEMES ASSERVIS*

*1) Les différents types de systèmes*

*2) Les systèmes asservis*

*3) Signaux canoniques d'entrée*

*4) Critères de qualité*

*5) Stabilité*

*6) Précision*

*7) Rapidité*

*8) Amortissement*

***Vous avez dit « système » ???***

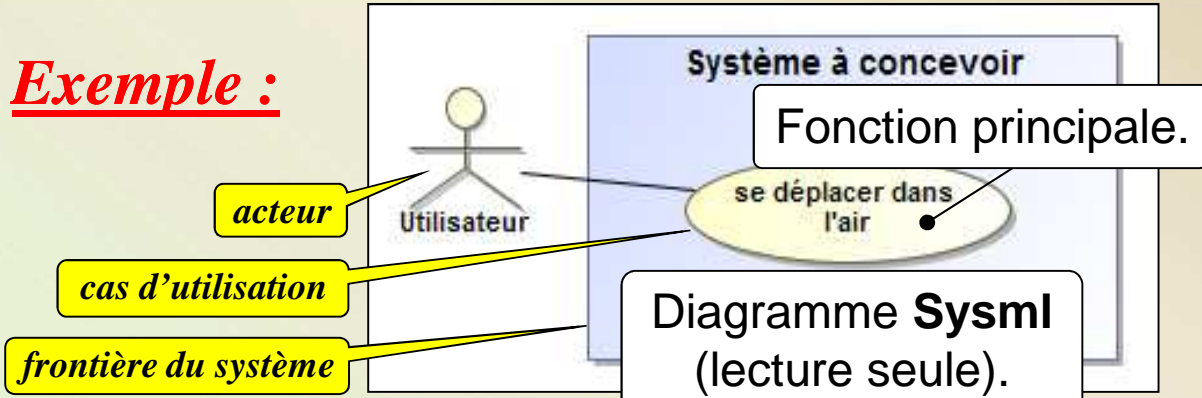


*Ensemble d'éléments liés entre eux dans le but de réaliser une fonction*

Voir exemples diapo suivante.

- ▶ *systèmes manuels*
- ▶ *systèmes mécanisés*
- ▶ *systèmes automatisés* →  $\left\{ \begin{array}{l} \textit{combinatoire} \\ \textit{séquentiel} \\ \textit{asservi} \end{array} \right.$

**Exemple :**



*Diagramme des cas d'utilisation  
(Use Case Diagram : ucd)*

*« quel(s) service(s) le système rend-il ? Et à qui ? »*

Systeme manuel



Le pilote s'occupe de tout sans aucune aide.

Systeme mecanise



Un moteur apporte de la puissance (aide mécanique)

Systeme automatise



Le système offre une aide mécanique (réacteurs) **et surtout** une aide au pilotage (asservissement en vitesse, altitude...).

# Systemes automatisés :

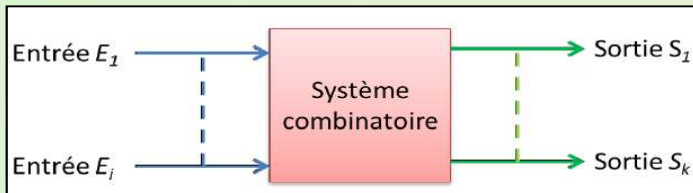
## Systeme à logique combinatoire



Afficheur 7 segments



Distributeur boissons

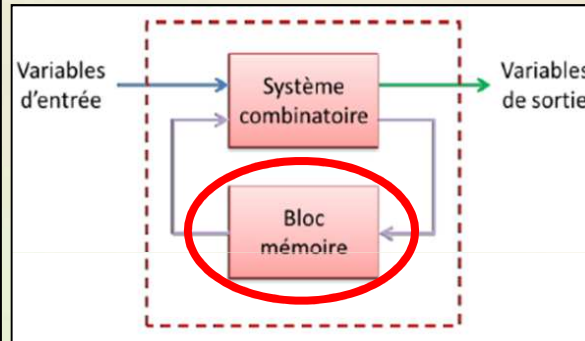


A un état des entrées  $E_i$  correspond un état (unique) des sorties  $S_i$

## Systeme à logique séquentielle



Aspirateur autonome



A un état des entrées peut correspondre plusieurs états des sorties

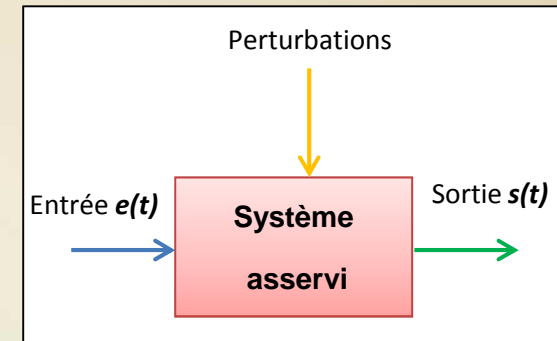
Tout dépend de l'instant où on en est dans le processus

→ { prise en compte du temps  
nécessité de mémoires

## Systeme asservi



Pilote automatique



Commandé en continu

La sortie doit correspondre au plus près à l'entrée (boucle retour avec capteur)

→ { stabilité  
précision  
rapidité  
amortissement ...

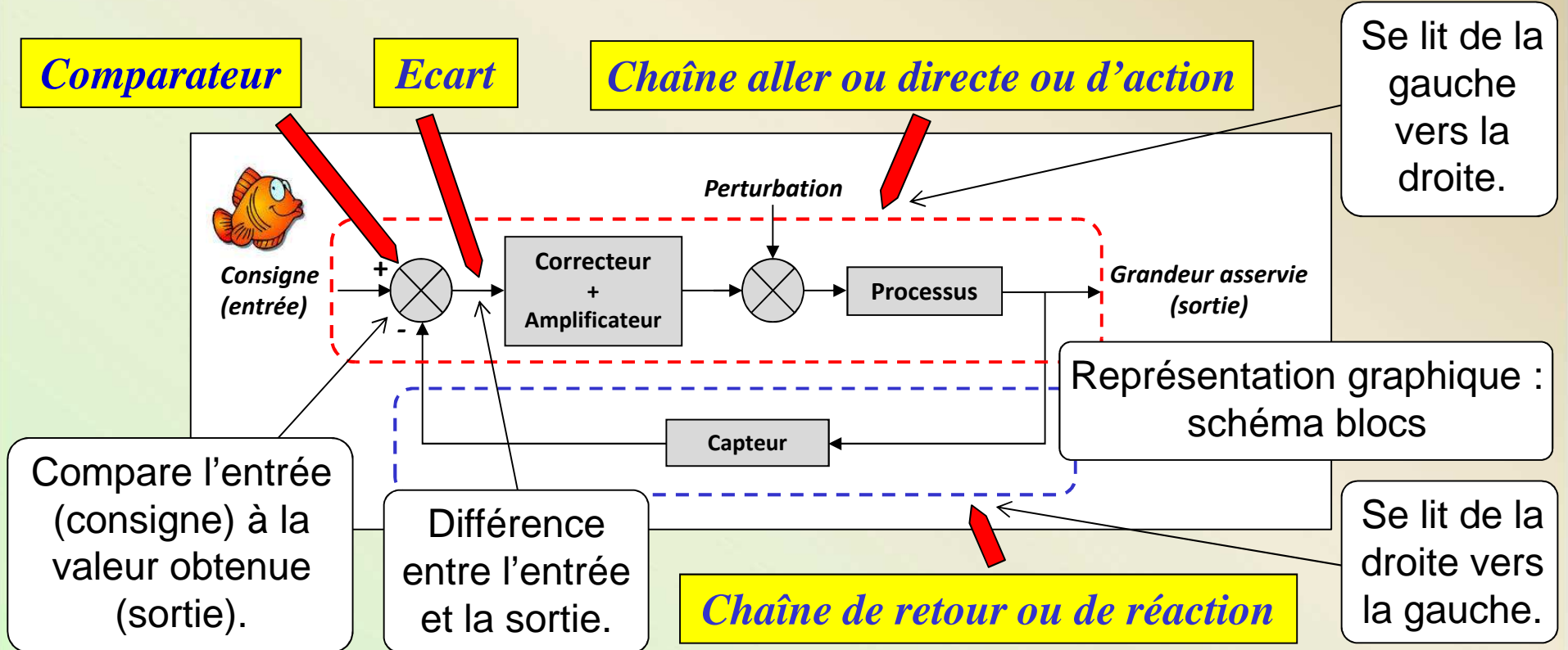
## 2) Les systèmes asservis

Cours du début du 1<sup>er</sup> semestre (< Noël).

5/20

Un système asservi comporte une boucle retour (capteur) associée à un comparateur

→ rétroaction de la sortie sur l'entrée (bouclage)



👉 Régulation : sortie reste à une valeur fixée (température four, vitesse moteur...).

👉 Asservissement : la sortie suit une loi fixée (bras de robot...).

Trajectoire

Différents types

Systèmes asservis

Signaux d'entrée

Critères de qualité

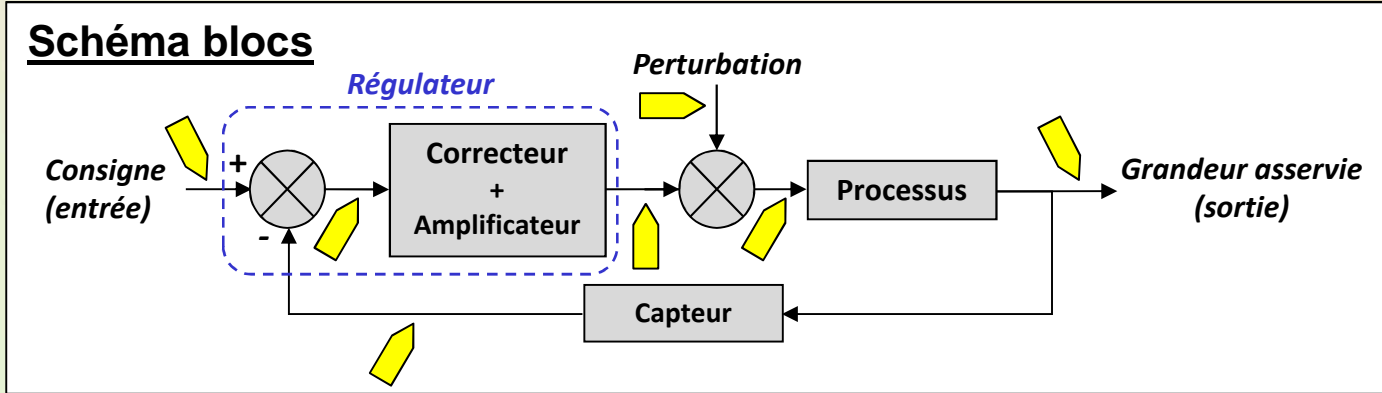
Stabilité

Précision

Rapidité

Amortissement

# Système asservi



Grandeur physique pouvant évoluer avec le temps.

Tension électrique, vitesse, température, angle...

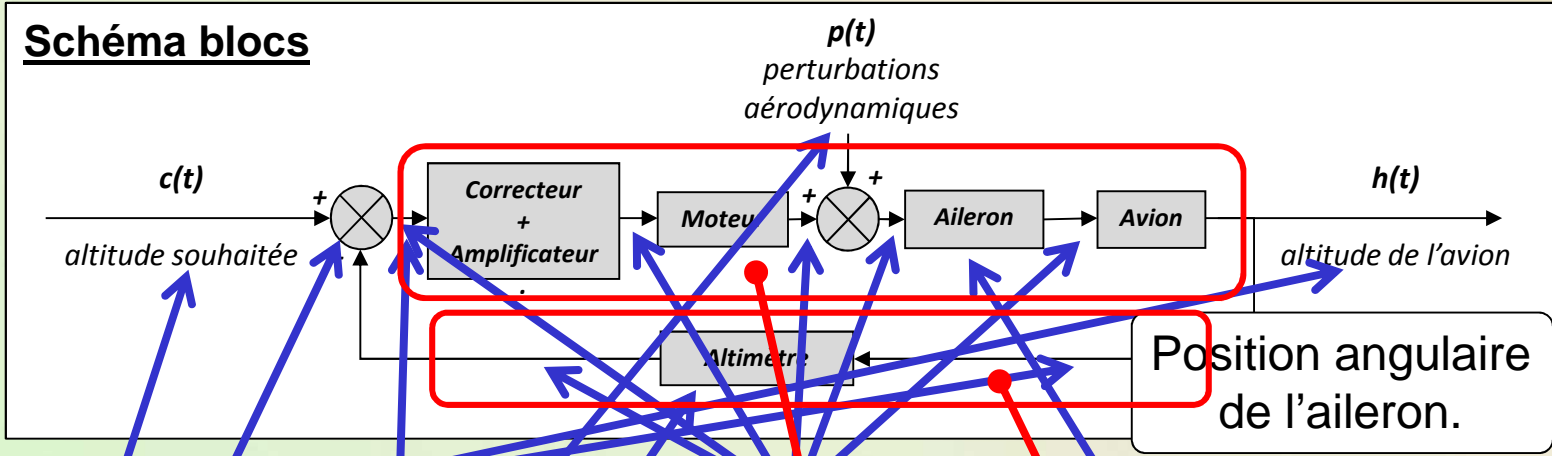
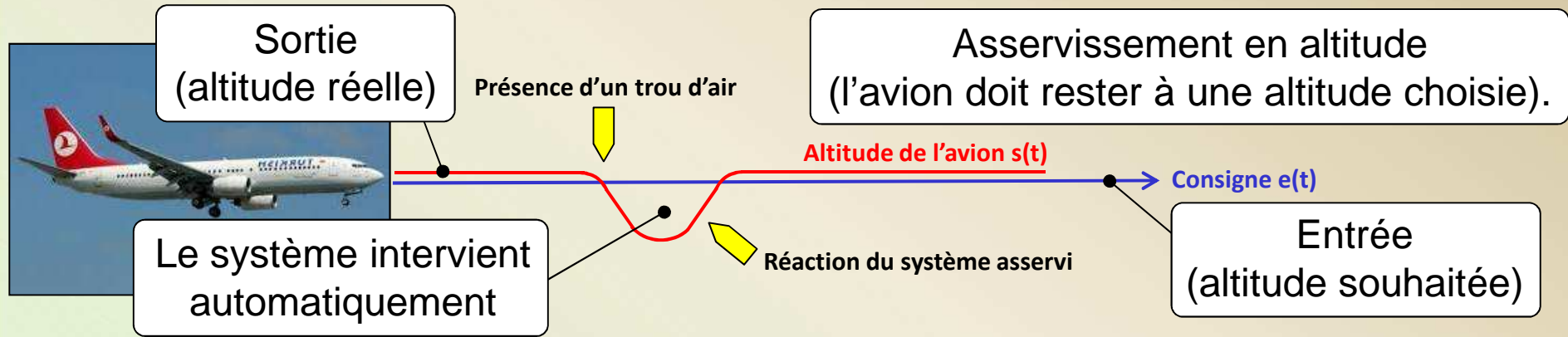
☞ **Variable**

- ▶ Entrée : réglable, indépendante du système.
- ▶ Perturbation : entrée sur laquelle on ne peut agir.
- ▶ Sortie : dépendante du système.
- ▶ Interne : dépendante du système.

☞ **Paramètre**

→ Grandeur physique indépendante du temps.

# Exemple d'un pilote automatique d'avion



Entrée, sortie, perturbation, variable interne, paramètre, comparateur, écart, capteur, chaîne aller, chaîne retour.

Notion de stabilité, précision, rapidité, amortissement.

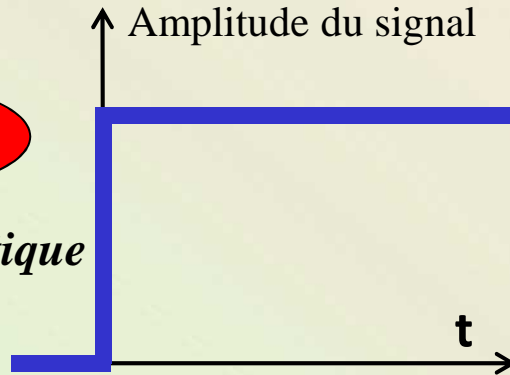
Critères de qualité de l'asservissement (caractéristiques)

### 3) Signaux canoniques d'entrée

L'étude d'un système asservi se fait à travers le comportement du système en réponse à des signaux d'entrée particuliers

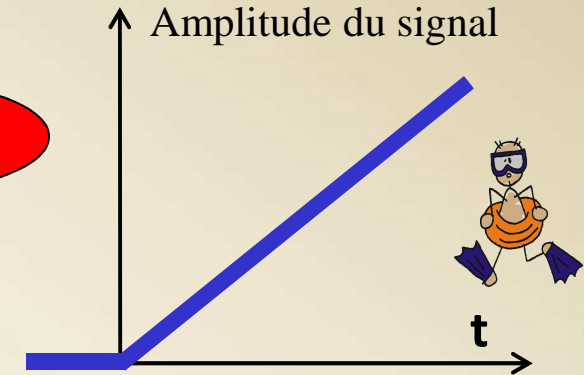
**échelon**

→ Précision statique  
Rapidité



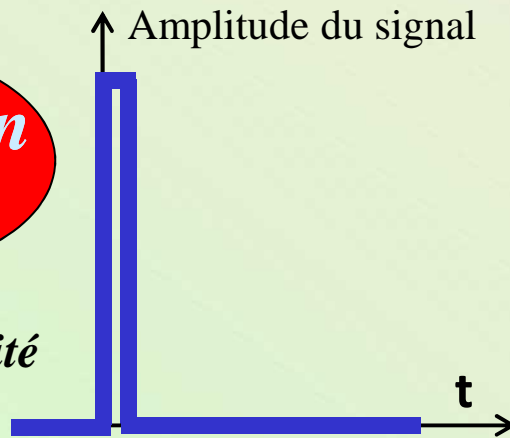
**rampe**

→ Précision dynamique



**impulsion (Dirac)**

→ Etude stabilité



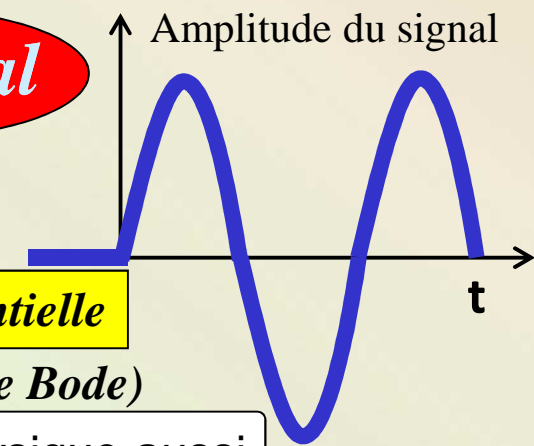
**sinusoïdal**

→ Stabilité

étude fréquentielle

(diagrammes de Bode)

Sera vu en physique aussi





## 4) Critères de qualité d'un système asservi

Quatre critères de qualité sont étudiés dans le cadre de notre programme.

*Régime établi  
(permanent)*

▶ Stabilité

⇒ « À entrée bornée sortie bornée »

▶ Précision

⇒ { Précision statique  
Précision dynamique

*Régime transitoire*

▶ Rapidité

⇒ Temps de réponse à 5% ( $tr_{5\%}$ )

*Régime établi  
(permanent)*

▶ Amortissement

⇒ 1<sup>er</sup> dépassement ( $D_{1\%}$ )

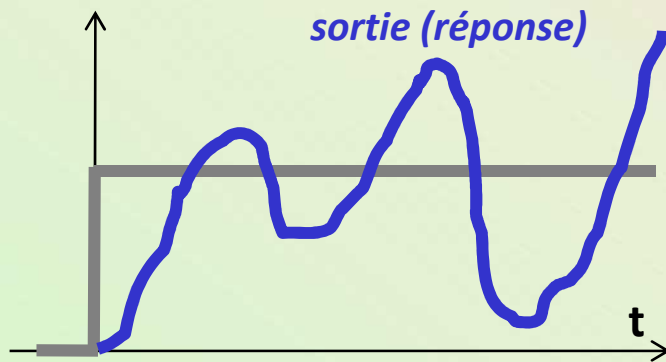
## 5) Stabilité



« À entrée bornée sortie bornée »

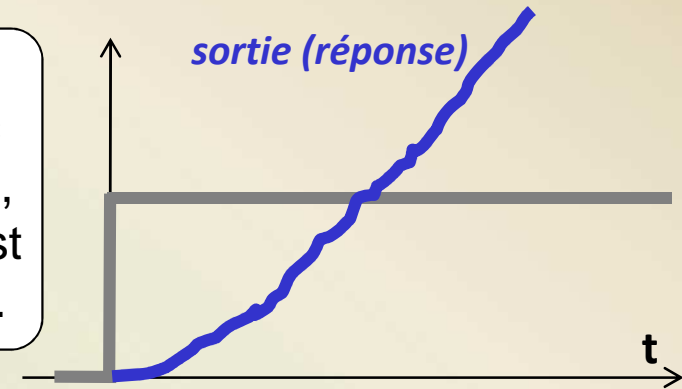
→ réponse à un échelon

**Système instable avec oscillations**



La sortie diverge (non bornée), avec ou sans oscillations, alors que l'entrée est constante (bornée).

**Système instable sans oscillations**



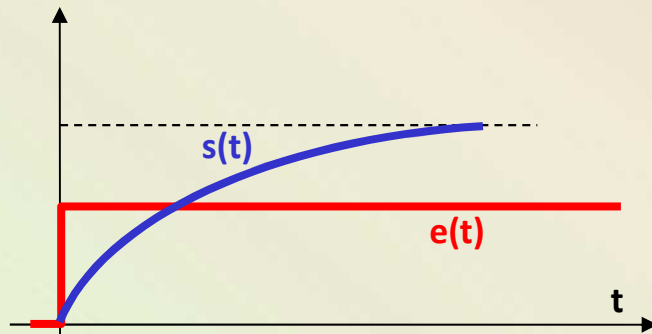
*L'étude de la stabilité se fait à partir de la réponse fréquentielle (étude harmonique)*

→ diagrammes de Bode

Programme de 2<sup>ème</sup> année (marges de gain et de phase).

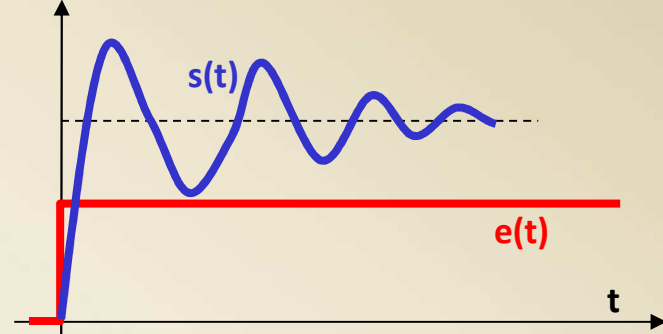


# Système stable



Pas d'oscillation en sortie.

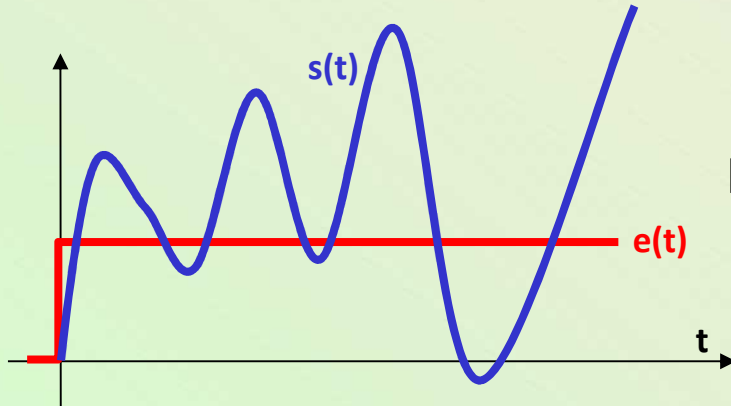
*apériodique*



*pseudopériodique*

Les oscillations de sortie s'amortissent.

# Système instable



**rupture du mécanisme !**

« À entrée bornée sortie non bornée. »

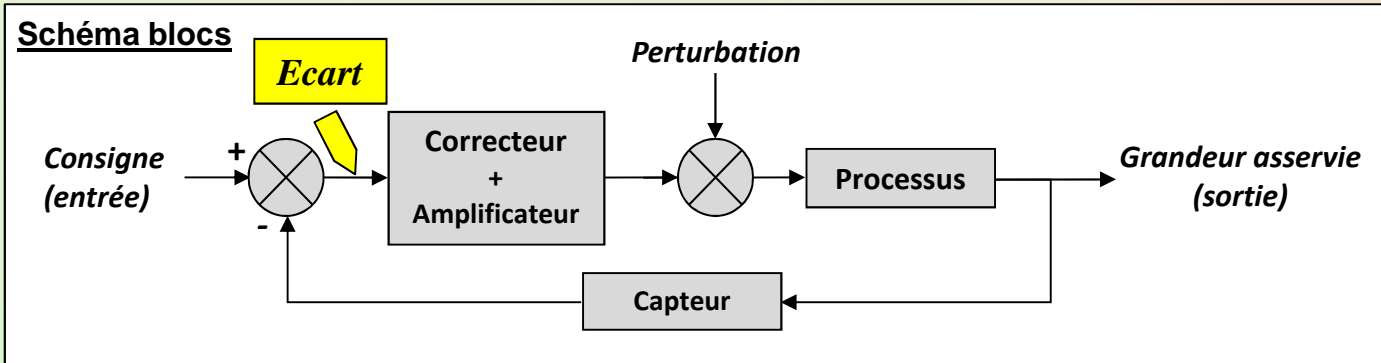
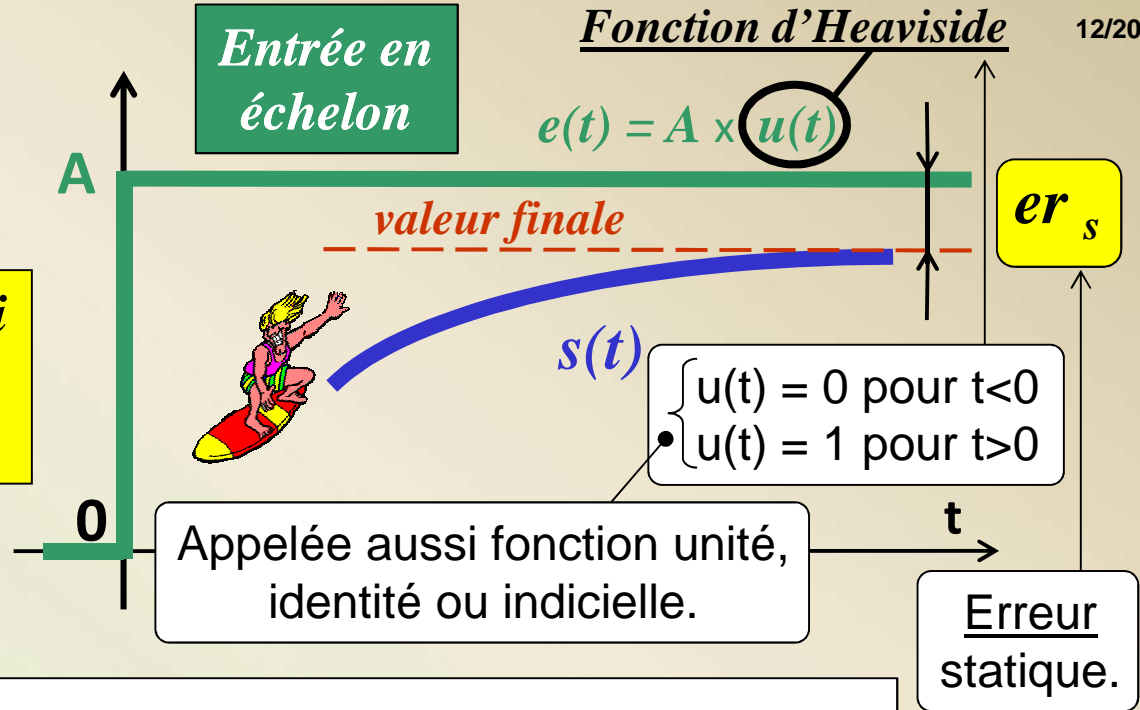
# 6) Précision

## Précision statique

Aptitude du système asservi à atteindre la valeur de consigne constante.

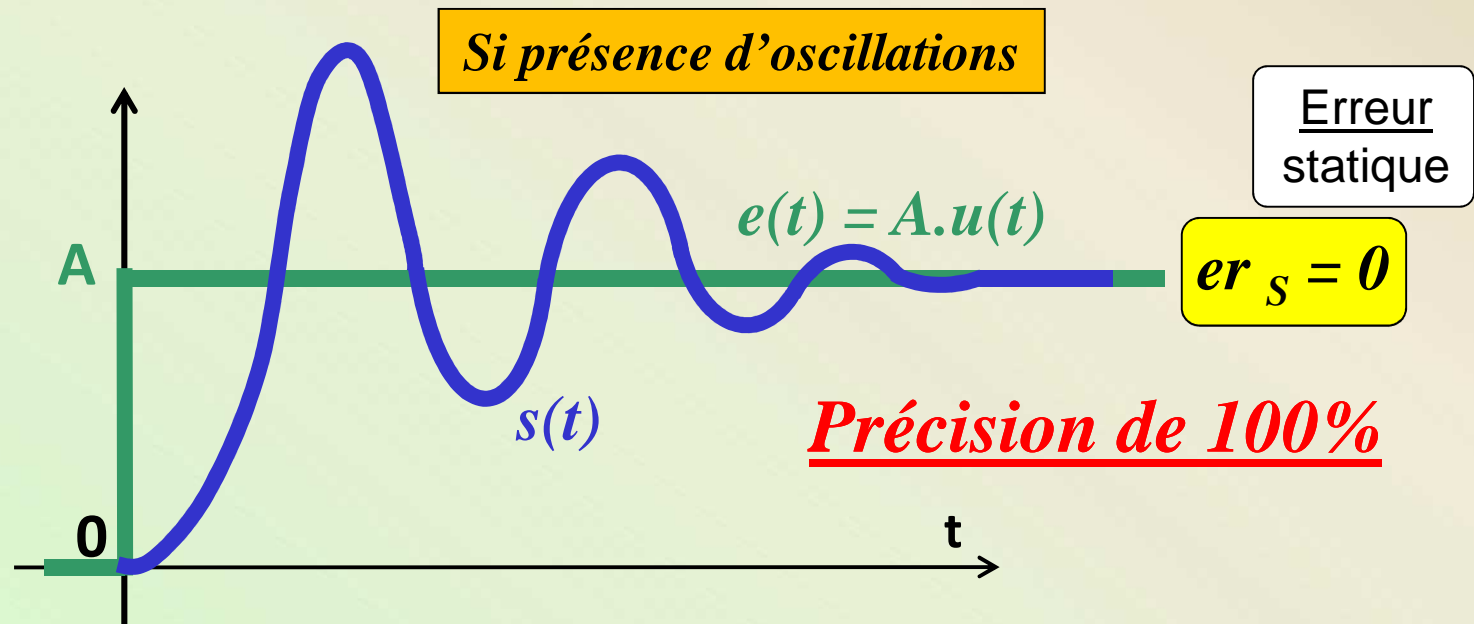
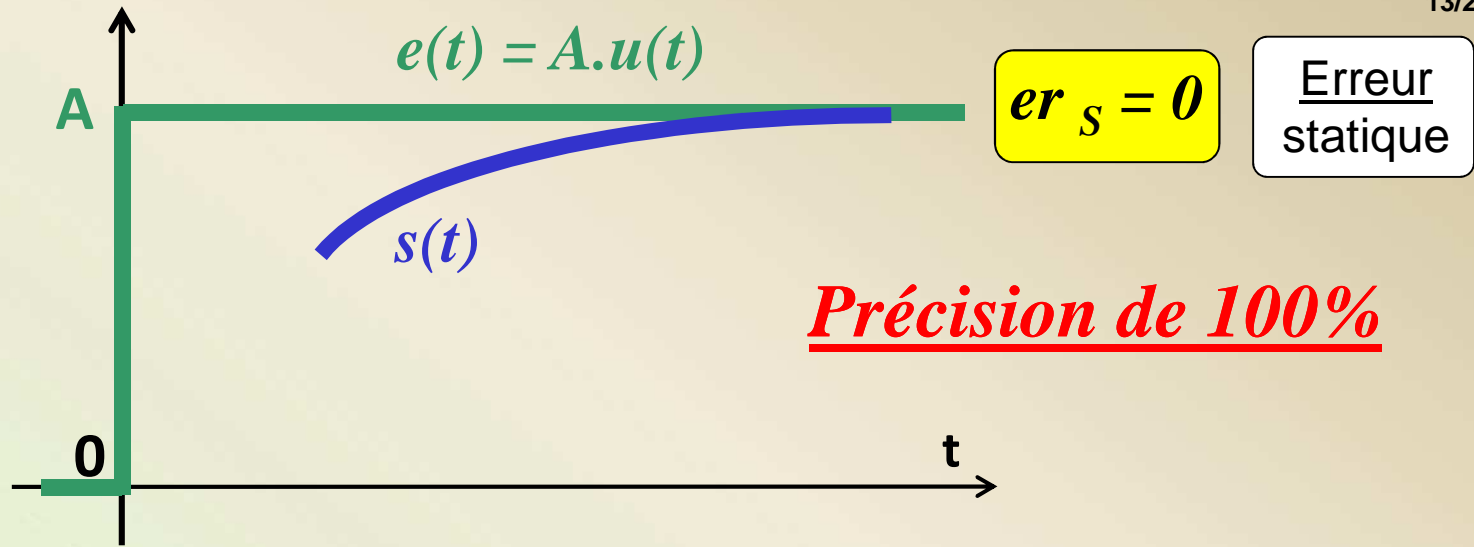


→ réponse à un échelon



**Ecart statique** → entrée - retour →  $\epsilon_s = \lim_{t \rightarrow \infty} (\text{entrée} - \text{retour})$

**Erreur statique** → entrée - sortie →  $er_s = \lim_{t \rightarrow \infty} (\text{entrée} - \text{sortie})$



# Précision dynamique

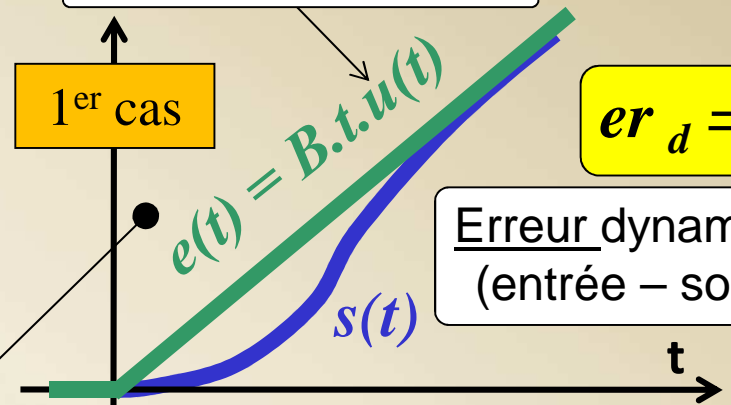
Aptitude du système asservi à suivre la valeur de consigne qui évolue.



→ réponse à une rampe

Fonction d'Heaviside

1<sup>er</sup> cas



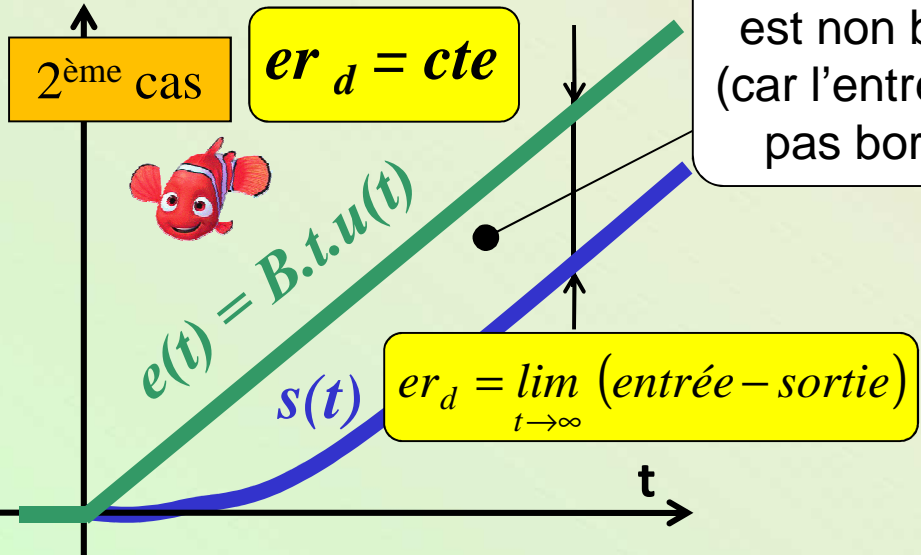
Précision dynamique de 100%

Systèmes stables même si la sortie est non bornée (car l'entrée n'est pas bornée).

Ce système est instable (la sortie « s'éloigne » de l'entrée).

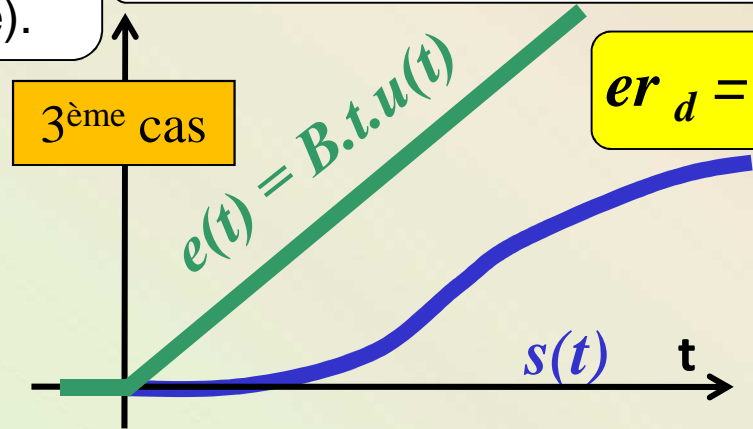
2<sup>ème</sup> cas

$er_d = cte$



3<sup>ème</sup> cas

$er_d = \infty$

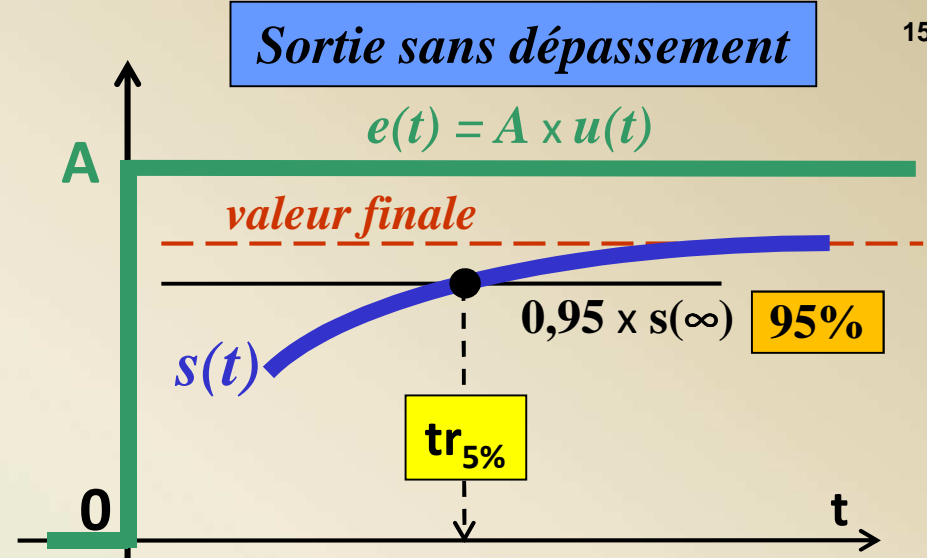


On parle d'écart (ou d'erreur) dynamique, de poursuite ou de trainage

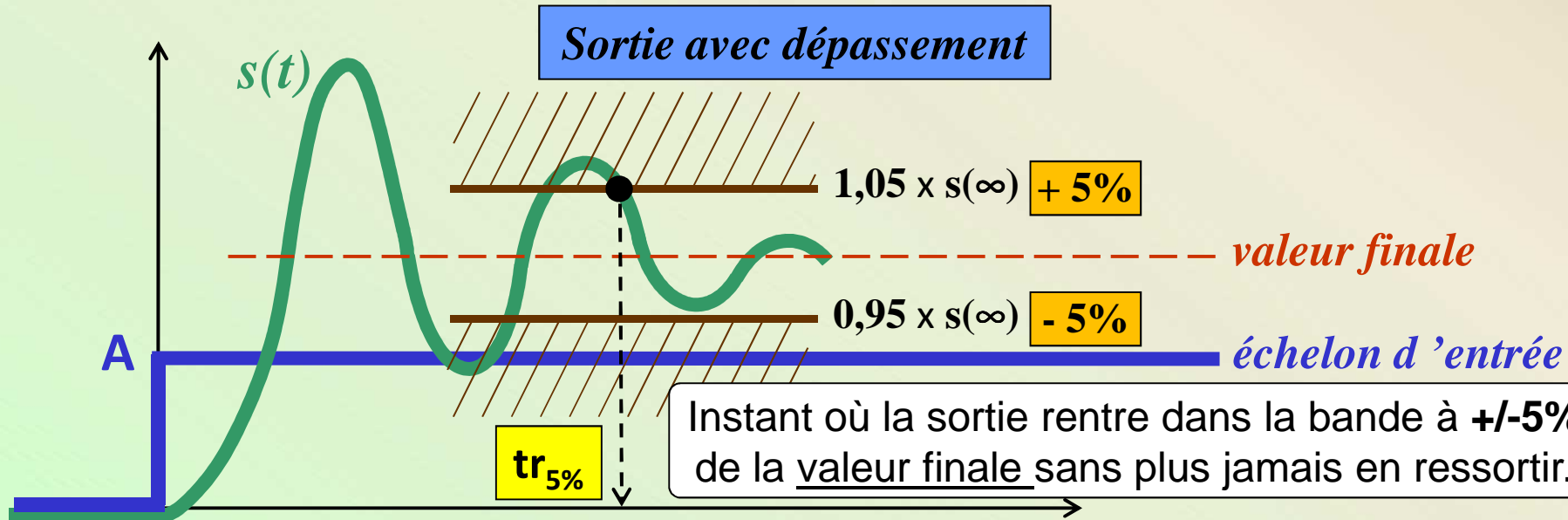
## 7) Rapidité

Aptitude du système asservi à atteindre rapidement une nouvelle valeur de consigne.

→ Temps de réponse à 5%  
(réponse à un échelon)

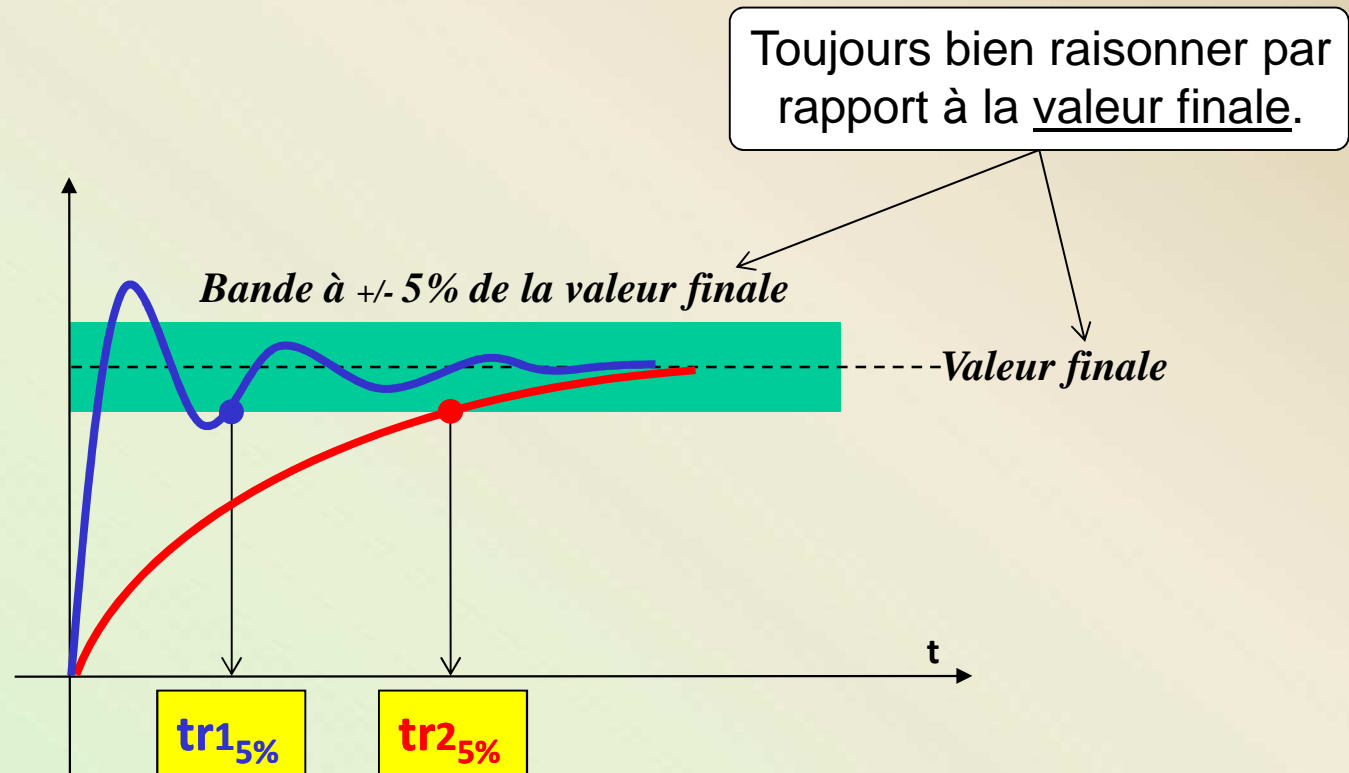


Instant où la sortie atteint 95% de la valeur finale.



Instant où la sortie rentre dans la bande à +/-5% de la valeur finale sans plus jamais en ressortir.

## Synthèse :



Différents  
types

Systèmes  
asservis

Signaux  
d'entrée

Critères  
de qualité

Stabilité

Précision

Rapidité

Amortissement

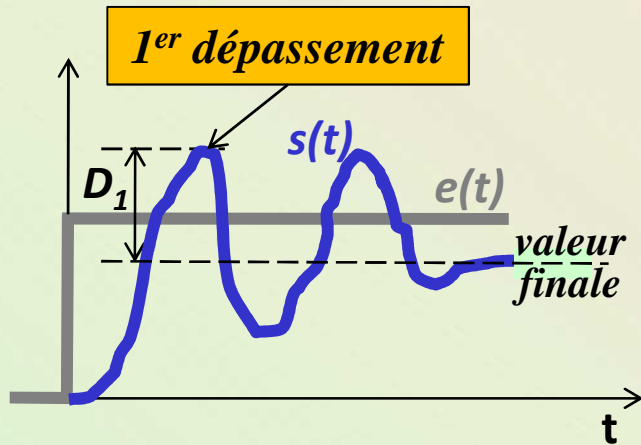


## 8) Amortissement

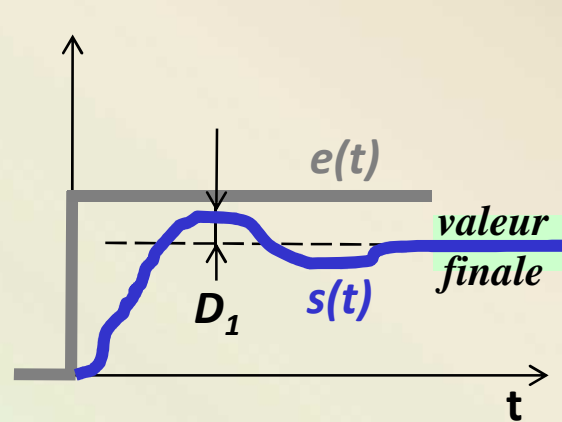
Aptitude du système asservi à avoir des oscillations peu prononcées.



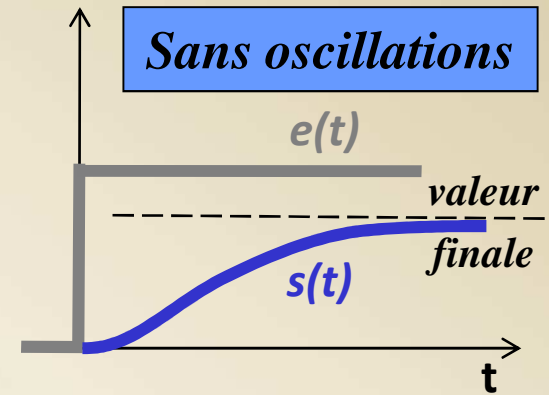
→ réponse à un échelon



$D_1$  est "trop" grand  
(et "trop" d'oscillations)  
→ système mal amorti



$D_1$  est "correct"  
(et "peu" d'oscillations)  
→ système bien amorti



Sans oscillations  
Pas de dépassement  
( $D_1$  est nul)  
→ système très amorti

$D_1$  est généralement exprimé en pourcentage de la valeur finale

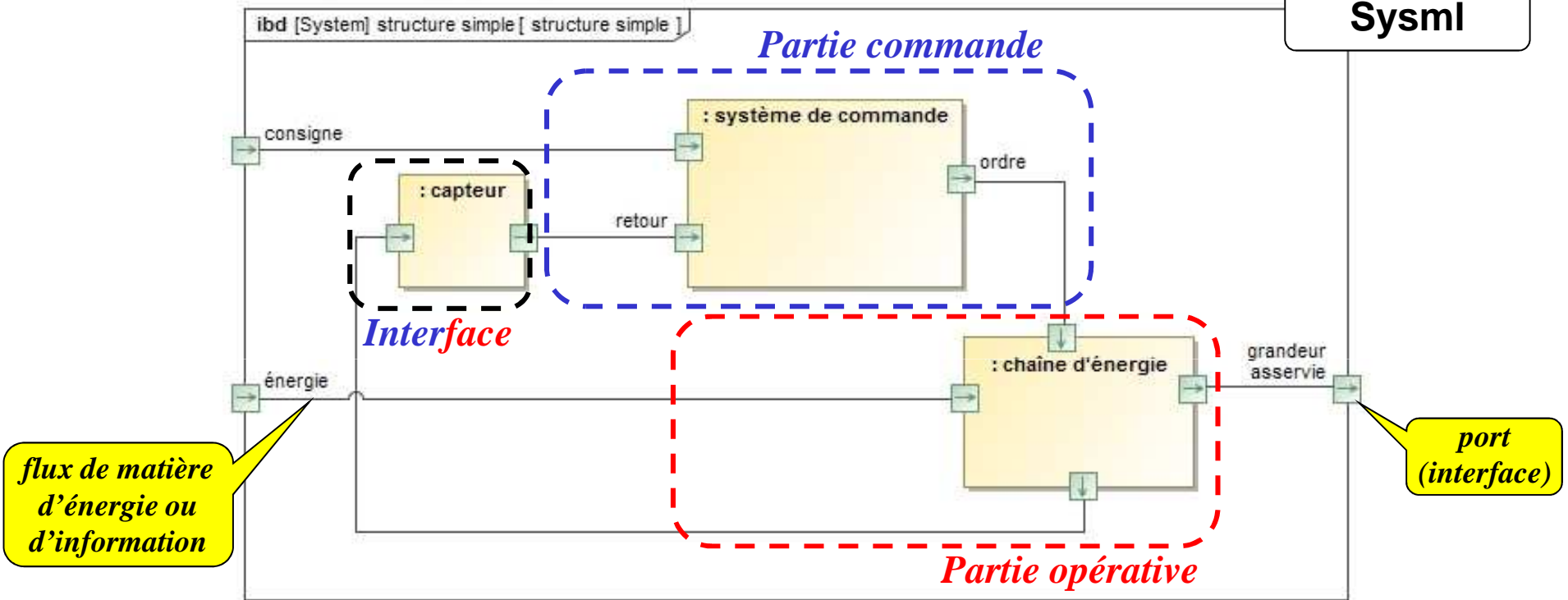
**D1** représente la hauteur du 1<sup>er</sup> dépassement (1<sup>er</sup> pic) par rapport à la valeur finale et non pas la hauteur totale de ce 1<sup>er</sup> pic.

$$\frac{\text{hauteur totale du 1}^{\text{er}} \text{ pic} - \text{valeur finale}}{\text{valeur finale}} \times 100$$

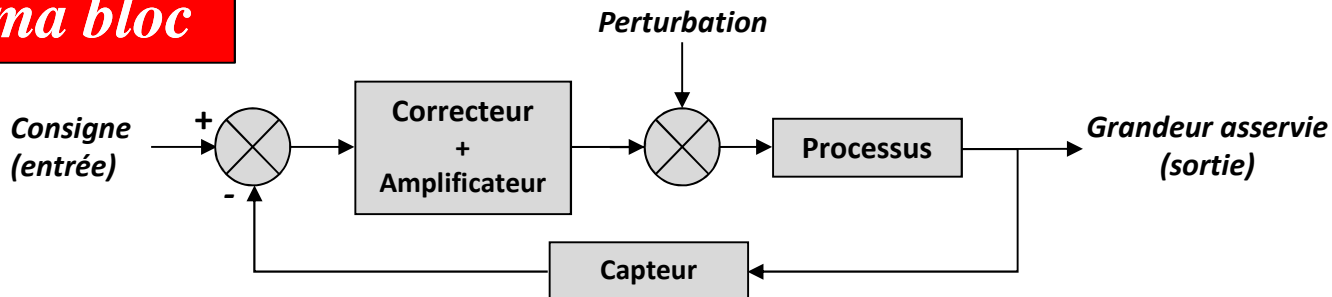
## Diagramme de bloc interne

(Internal Block Diagram : ibd)

Diagramme Sysml



## Schéma bloc



# Ce qu'il faut avoir retenu

(minimum « vital »...)

19/20

- ▶ Ce qu'est un système asservi : rétroaction de la sortie sur l'entrée (bouclage).
- ▶ Le but d'un système asservi : la grandeur physique de sortie doit égaler à tout instant la consigne d'entrée qui peut être constante (régulation) ou évolutive dans le temps (asservissement).
- ▶ La représentation graphique d'un système asservi sous forme de schéma blocs.
- ▶ Les quatre signaux canoniques d'entrée :
  - ➡ échelon, rampe, impulsion (ou Dirac), sinusoïdal (ou harmonique).
- ▶ Ce qu'est un système asservi stable ou instable : « à entrée bornée sortie bornée ».
- ▶ Reconnaître la stabilité au vu de la réponse à un échelon ou une rampe.
- ▶ La fonction d'Heaviside (fonction unité, identité ou indicielle) : valeur nulle pour les temps négatifs et valant **1** à partir de **t = 0**.
- ▶ Ce qu'est l'écart statique (entrée – retour) et l'erreur statique (entrée – sortie)
  - ➡ réponse à un échelon.
- ▶ Connaître les trois cas de figure relatifs à la précision dynamique (ou de poursuite ou de traînage) ➡ réponse à une rampe.
- ▶ Ce qu'est le temps de réponse à **5%** ( $tr_{5\%}$ ) et savoir le calculer à partir de la réponse à un échelon (avec ou sans oscillations).
- ▶ Savoir caractériser l'amortissement en sachant calculer le premier dépassement en % ➡ **D<sub>1%</sub>**



## Vocabulaire à connaître (minimum « vital »...)

- ▶ Entrée (consigne), sortie, perturbation, variable interne, paramètre, écart, erreur.
- ▶ Chaîne aller (d'action ou directe), chaîne retour (de réaction), comparateur, capteur (en général dans la chaîne retour).
- ▶ Échelon, rampe, impulsion (Dirac), sinusoïdal (harmonique).
- ▶ Fonction d'Heaviside (fonction unité, identité ou indicielle).
- ▶ Écart statique, erreur statique, écart dynamique, erreur dynamique.
- ▶ Temps de réponse à **5%** :  $tr_{5\%}$ .
- ▶ Premier dépassement exprimé en % :  $D_{1\%}$ .