

LES SYSTEMES ASSERVIS

1) Les différents types de systèmes

2) Les systèmes asservis

3) Signaux canoniques d'entrée

4) Critères de qualité

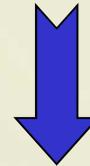
5) Stabilité

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 :

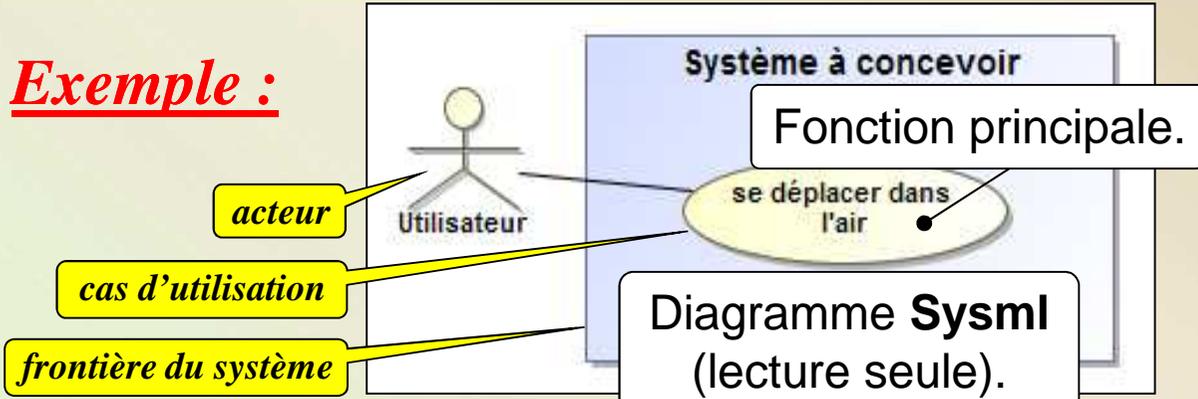
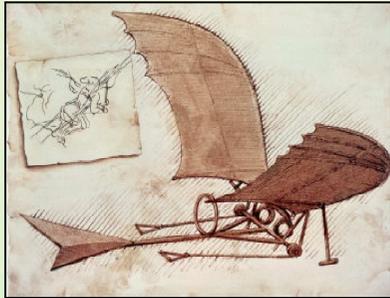


Diagramme des cas d'utilisation (Use Case Diagram : ucd)

« 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 :

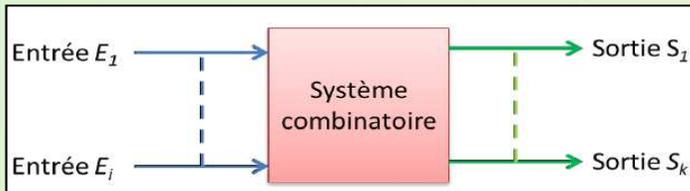
Systeme à logique combinatoire



Afficheur 7 segments



Distributeur boissons

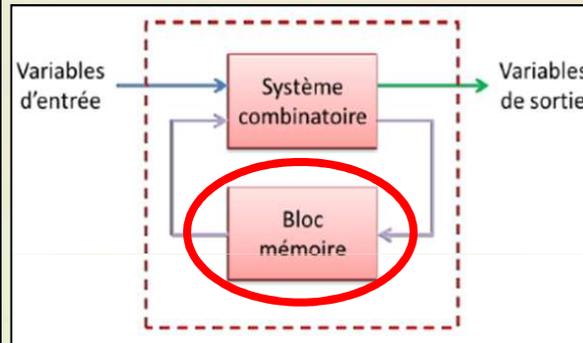


A un état des entrées E_i correspond un état (unique) des sorties S_i

Systeme à logique séquentielle



Aspirateur autonome



A un état des entrées peut correspondre plusieurs états des sorties

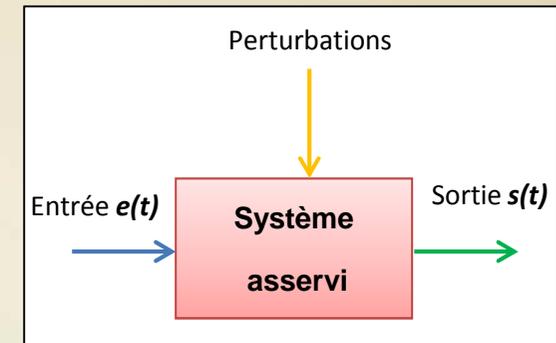
Tout dépend de l'instant où on en est dans le processus

→ { 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 ...

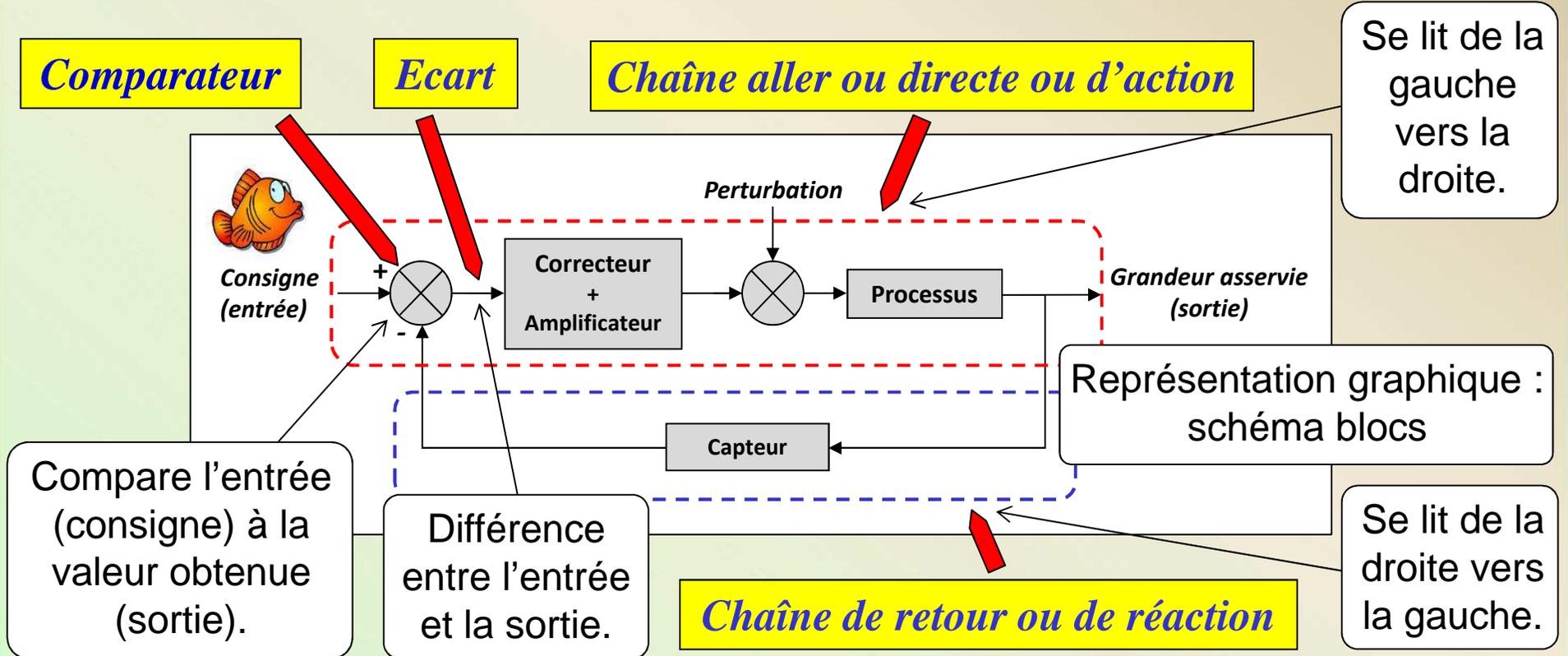
2) Les systèmes asservis

Cours du début du 1^{er} 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

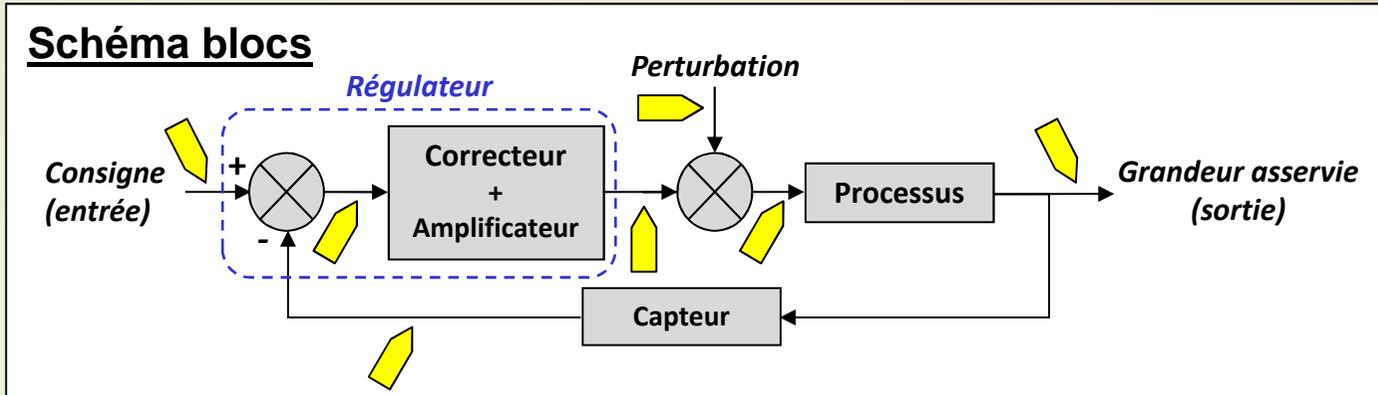
Stabilité

Précision

Rapidité

Amortissement

Système asservi



Grandeur physique pouvant évoluer avec le temps.

Tension électrique, vitesse, température, angle...



Variable

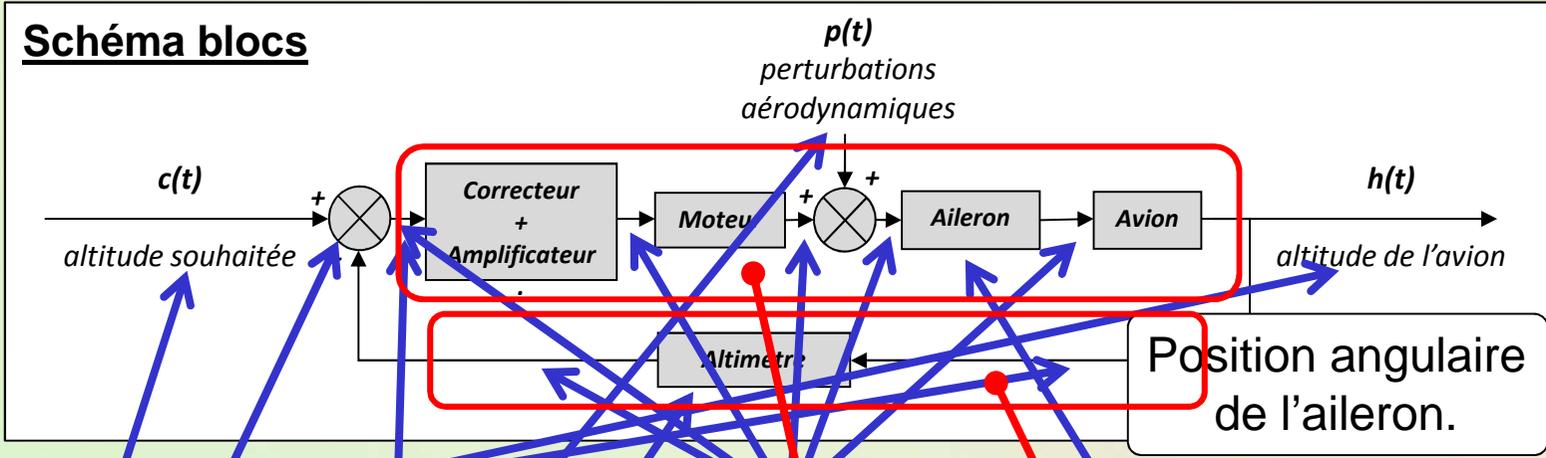
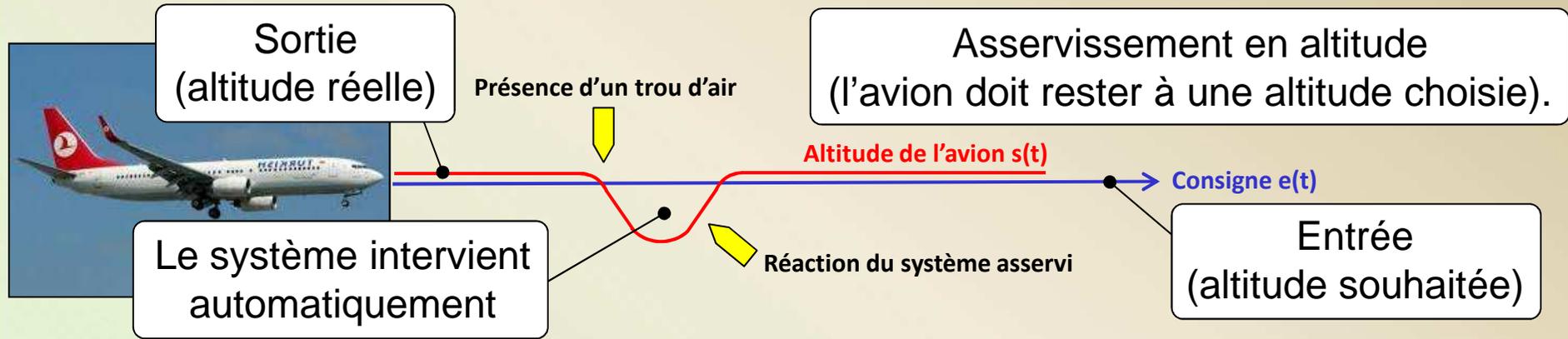
- ▶ Entrée : réglable, indépendante du système.
- ▶ Perturbation : entrée sur laquelle on ne peut agir.
- ▶ Sortie : dépendante du système.
- ▶ Interne : dépendante du système.



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.

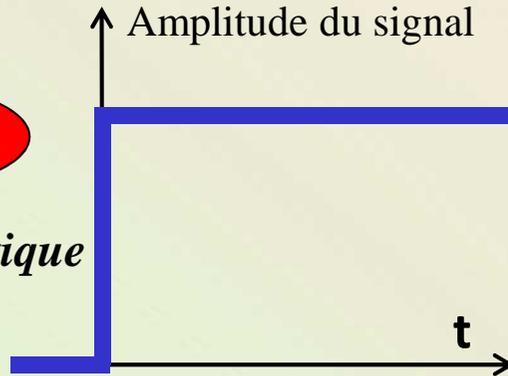
Critères de qualité de l'asservissement (caractéristiques)

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

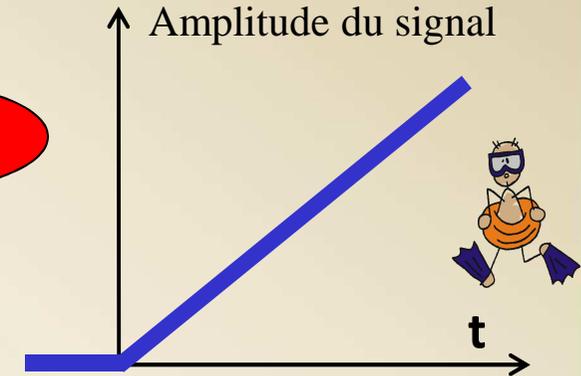
échelon

→ { Précision statique
Rapidité



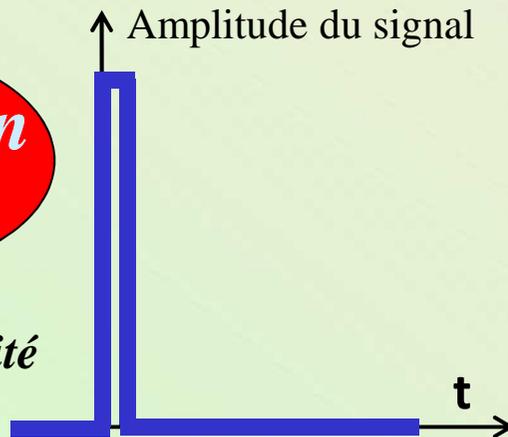
rampe

→ Précision dynamique



impulsion (Dirac)

→ Etude stabilité



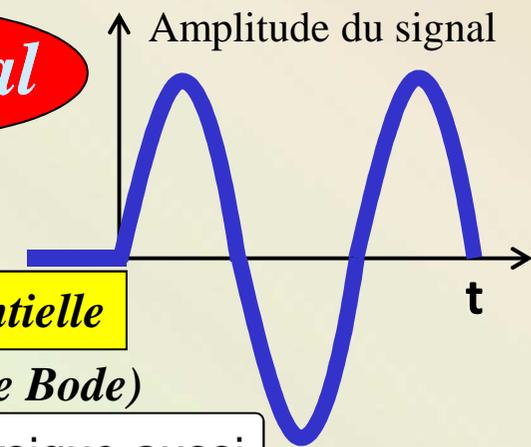
sinusoidal

→ 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^{er} dépassement ($D_{1\%}$)



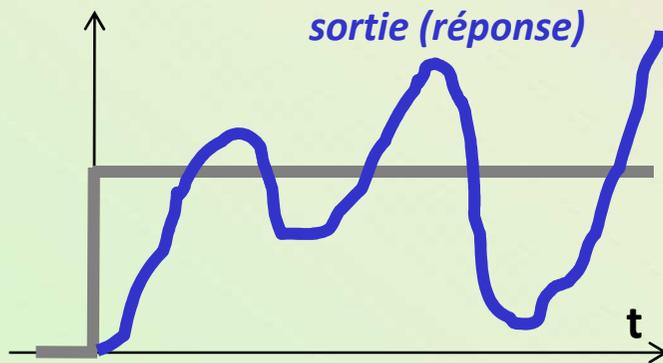
5) Stabilité



« À entrée bornée sortie bornée »

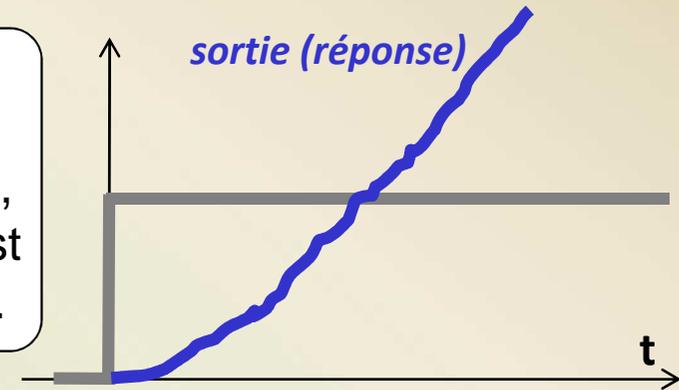
→ réponse à un échelon

Système instable avec oscillations



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

Système instable sans oscillations



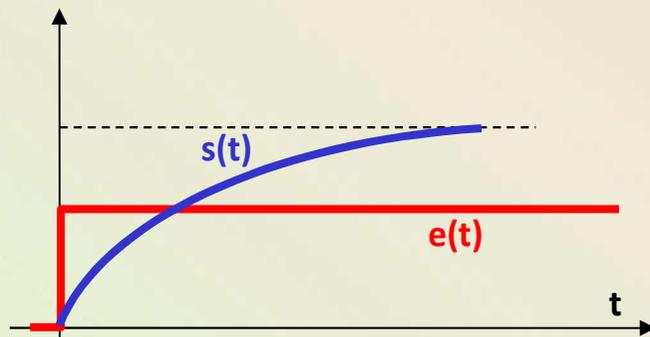
L'étude de la stabilité se fait à partir de la réponse fréquentielle (étude harmonique)

→ diagrammes de Bode

Programme de 2^{ème} année (marges de gain et de phase).

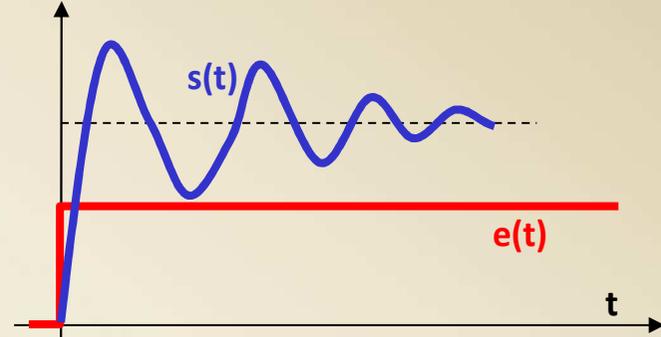


Système stable



Pas d'oscillation en sortie.

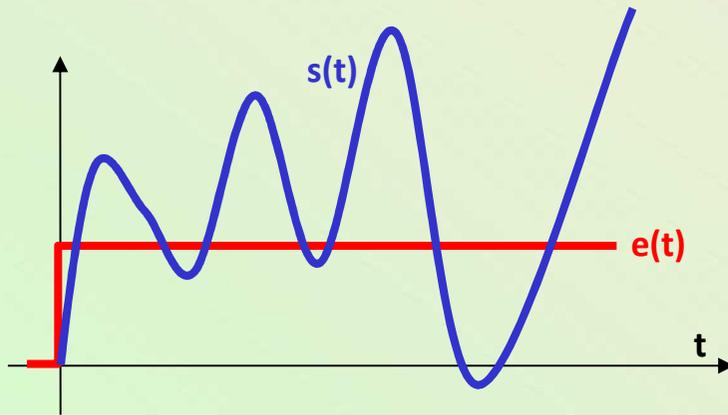
apériodique



pseudopériodique

Les oscillations de sortie s'amortissent.

Système instable



rupture du mécanisme !

« À entrée bornée sortie non bornée. »

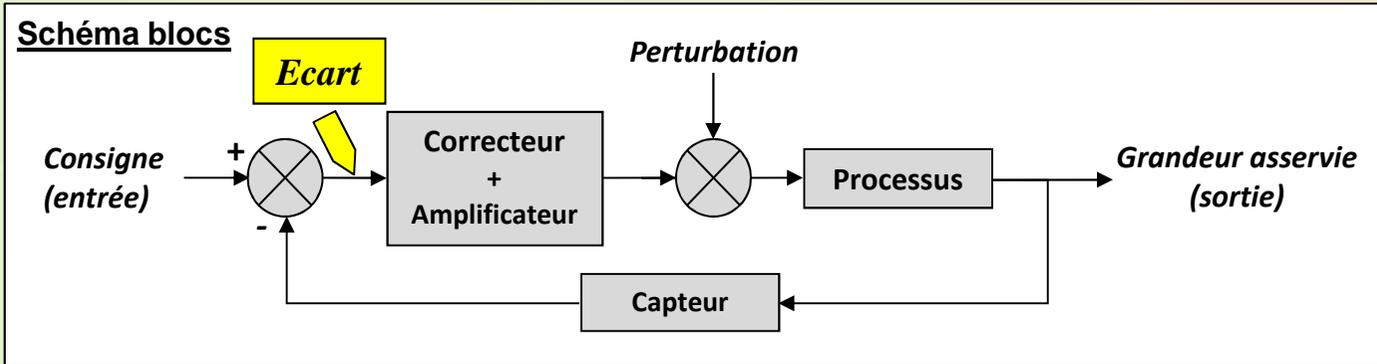
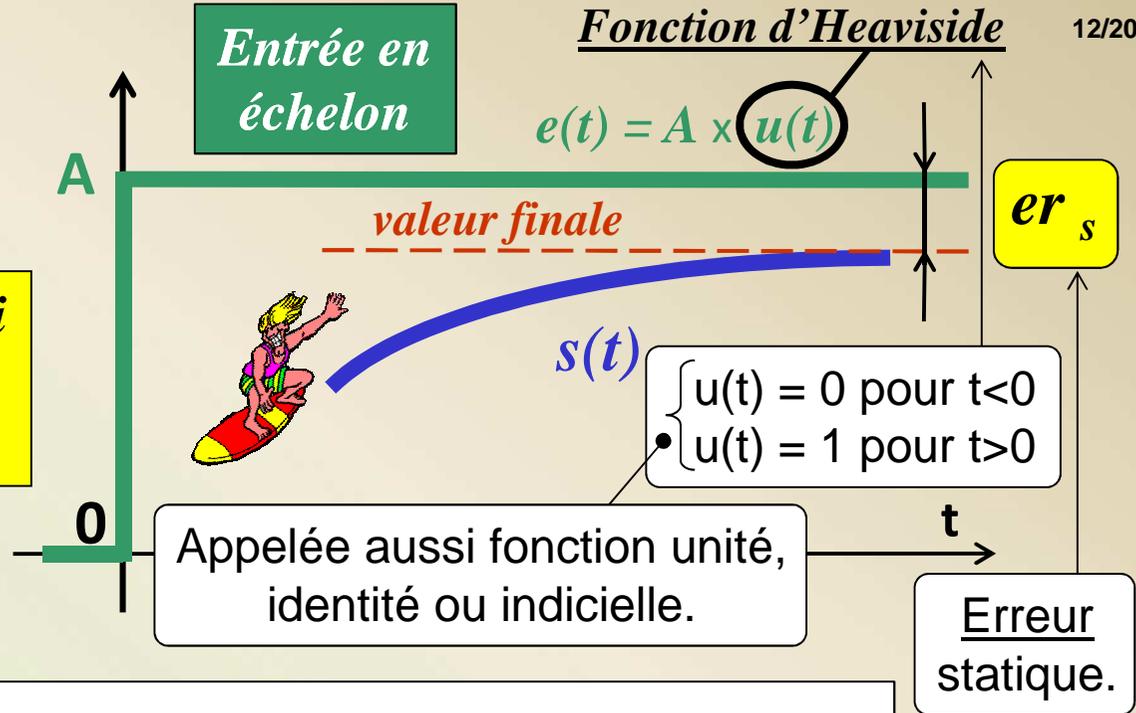
6) Précision

Précision statique

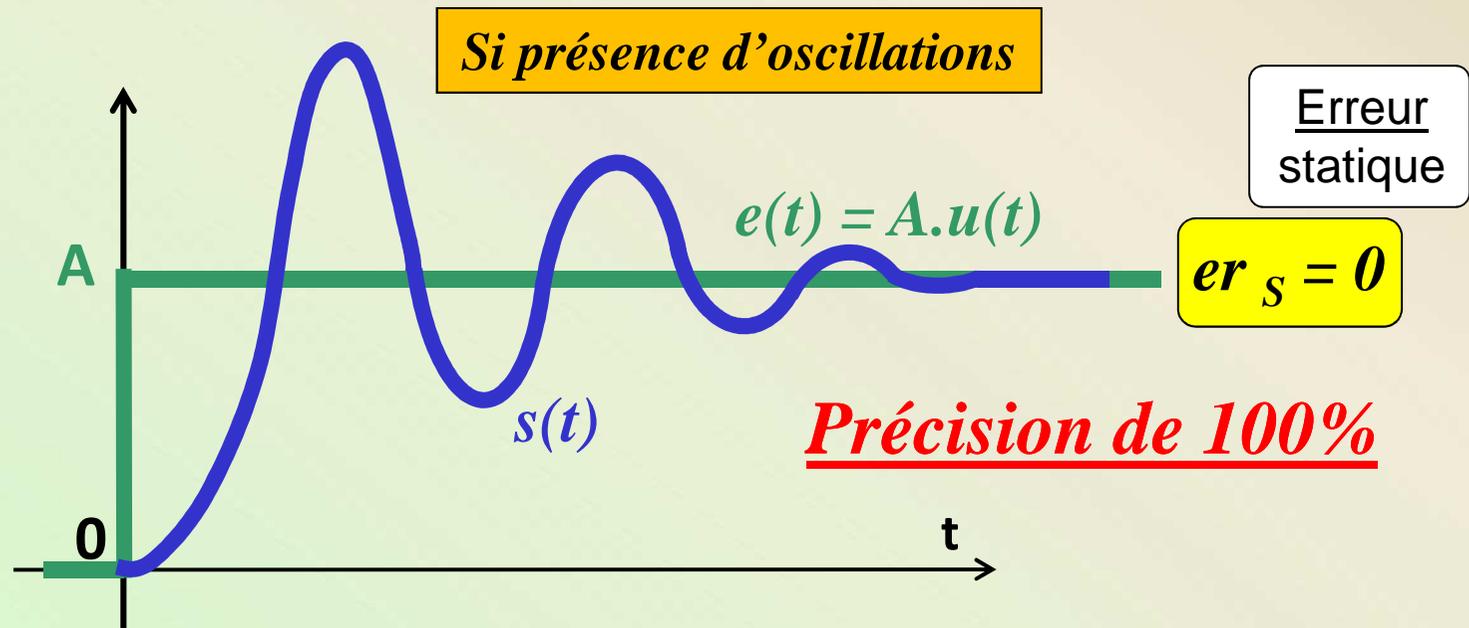
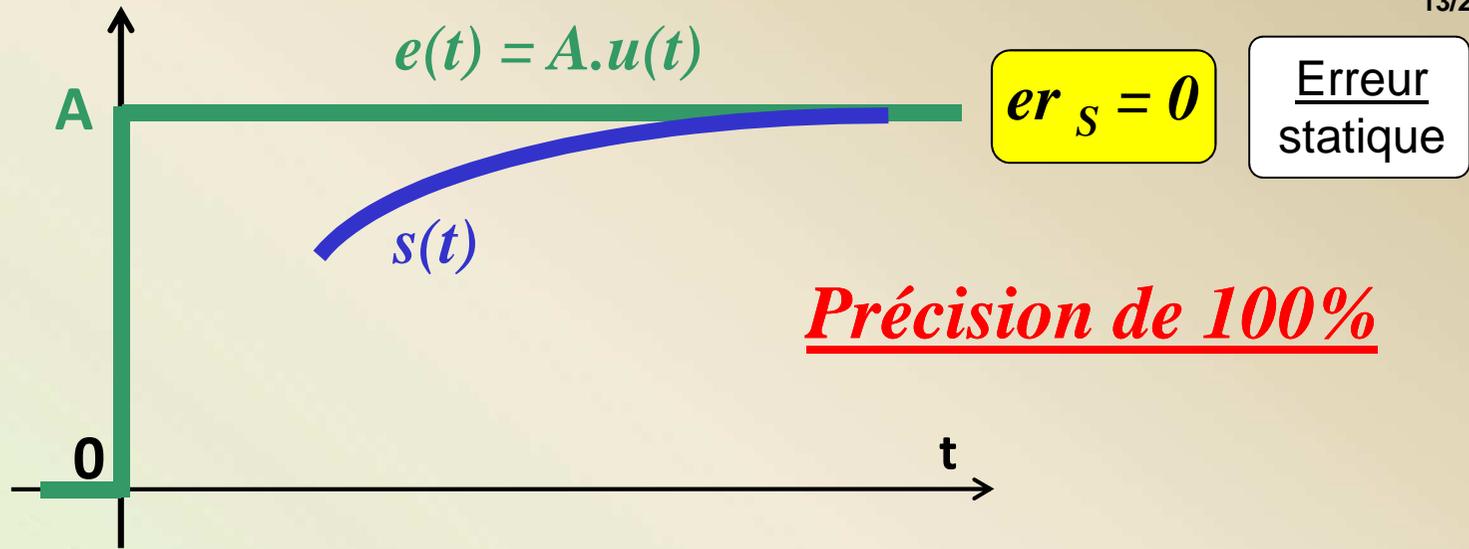
Aptitude du système asservi à atteindre la valeur de consigne constante.



→ réponse à un échelon



$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ecart statique} \rightarrow \text{entrée - retour} \rightarrow \epsilon_s = \lim_{t \rightarrow \infty} (\text{entrée} - \text{retour}) \\ \text{Erreur statique} \rightarrow \text{entrée - sortie} \rightarrow er_s = \lim_{t \rightarrow \infty} (\text{entrée} - \text{sortie}) \end{array} \right.$



Précision dynamique

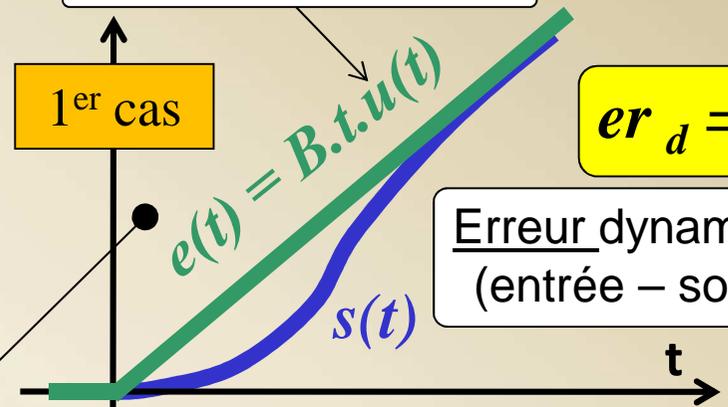
Aptitude du système asservi à sivre la valeur de consigne qui évolue.



→ réponse à une rampe

Fonction d'Heaviside

1^{er} cas



Erreur dynamique (entrée - sortie)

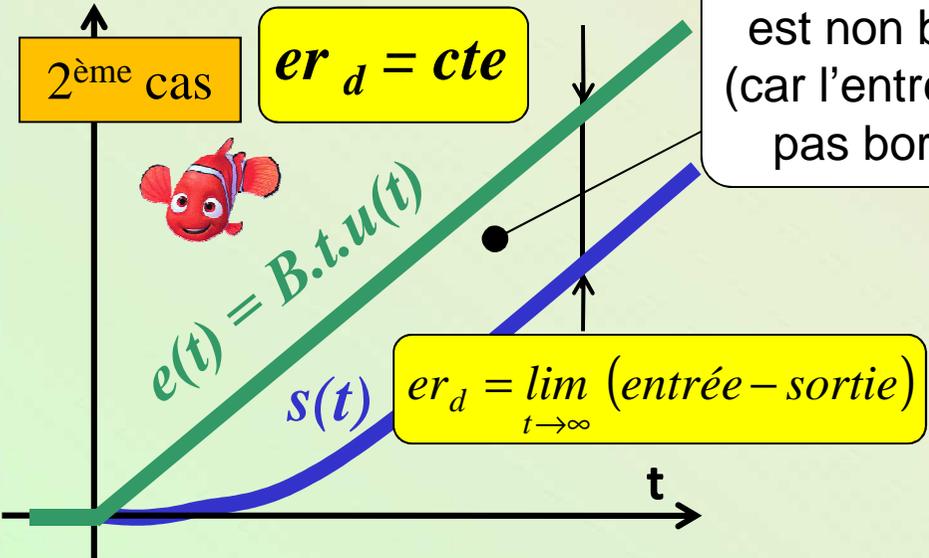
Précision dynamique de 100%

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).

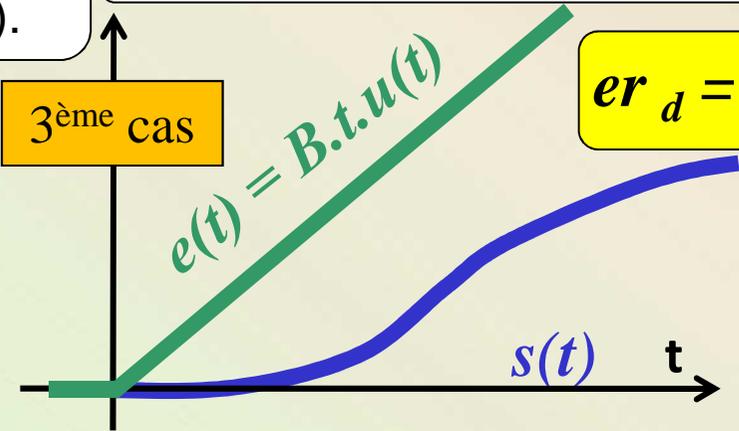
2^{ème} cas

$er_d = cte$



3^{ème} cas

$er_d = \infty$

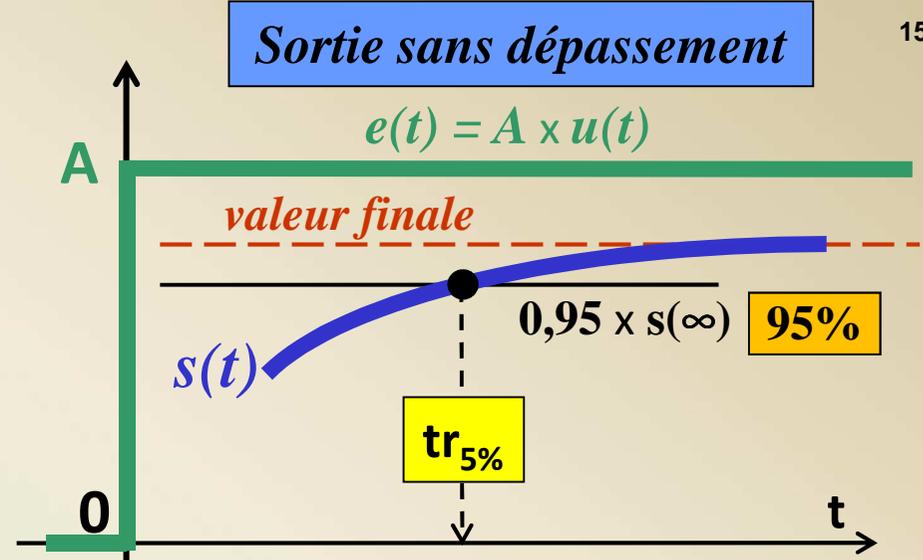


On parle d'écart (ou d'erreur) dynamique, de poursuite ou de trainage

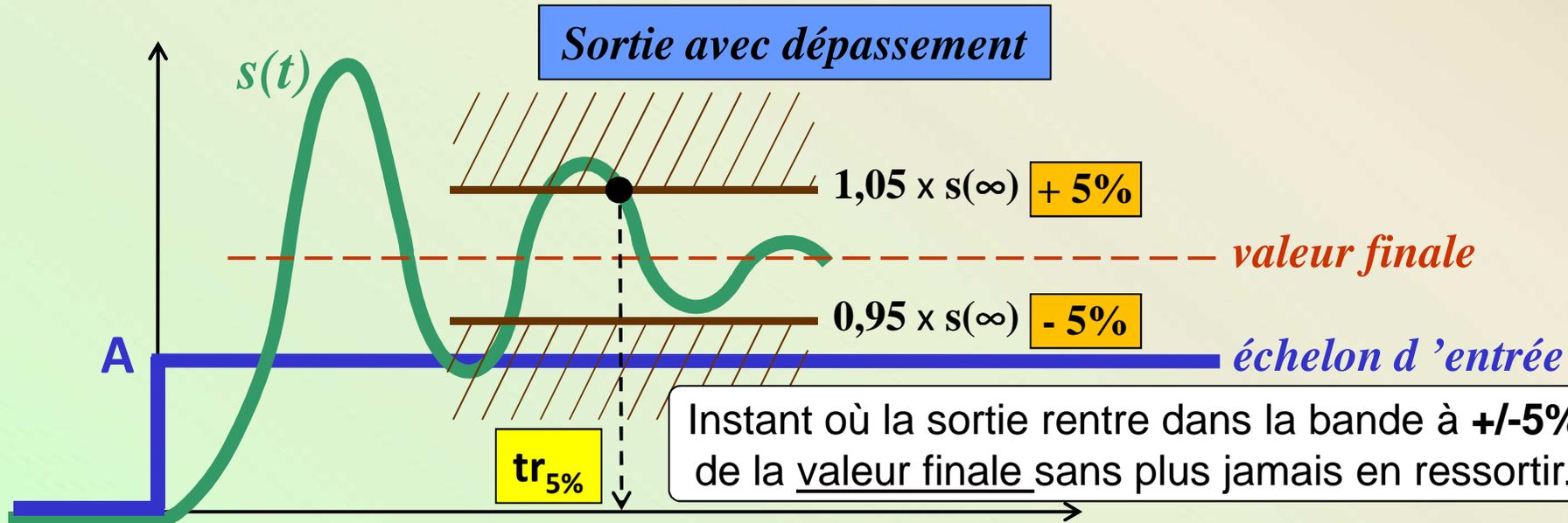
7) Rapidité

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

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

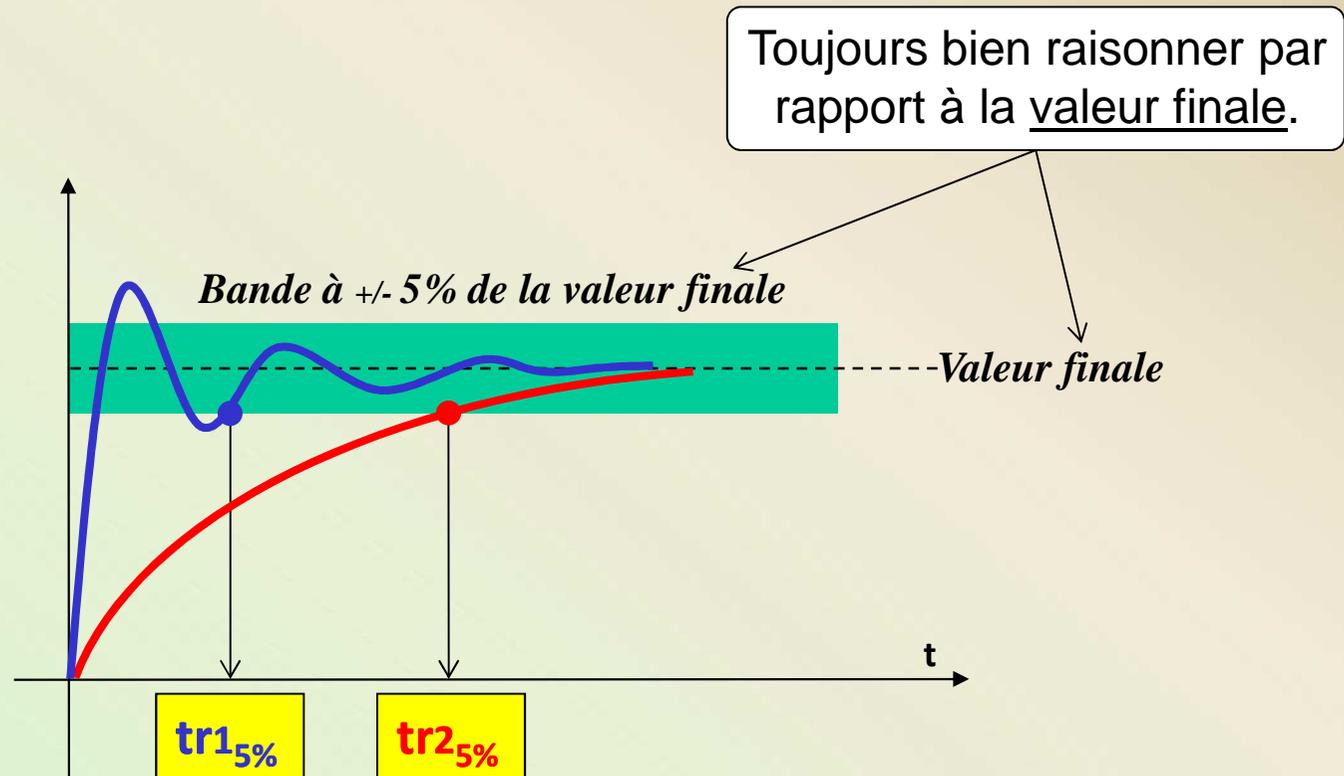


Instant où la sortie atteint **95%** de la valeur finale.



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

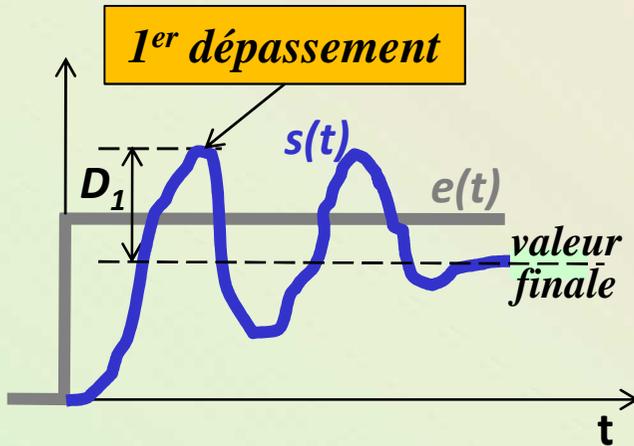
Amortissement

8) Amortissement

Aptitude du système asservi à avoir des oscillations peu prononcées.

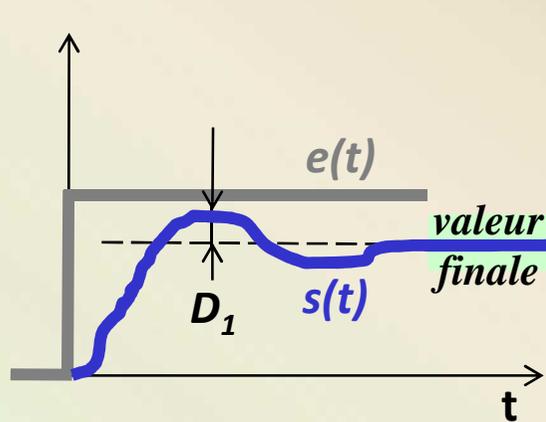


→ réponse à un échelon



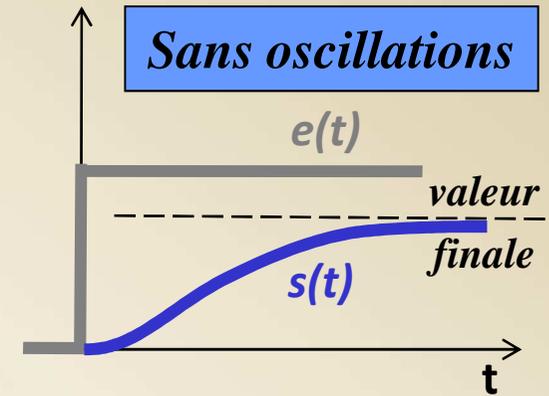
D_1 est "trop" grand
(et "trop" d'oscillations)

→ système mal amorti



D_1 est "correct"
(et "peu" d'oscillations)

→ système bien amorti



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^{er} dépassement (1^{er} pic) par rapport à la valeur finale et non pas la hauteur totale de ce 1^{er} 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

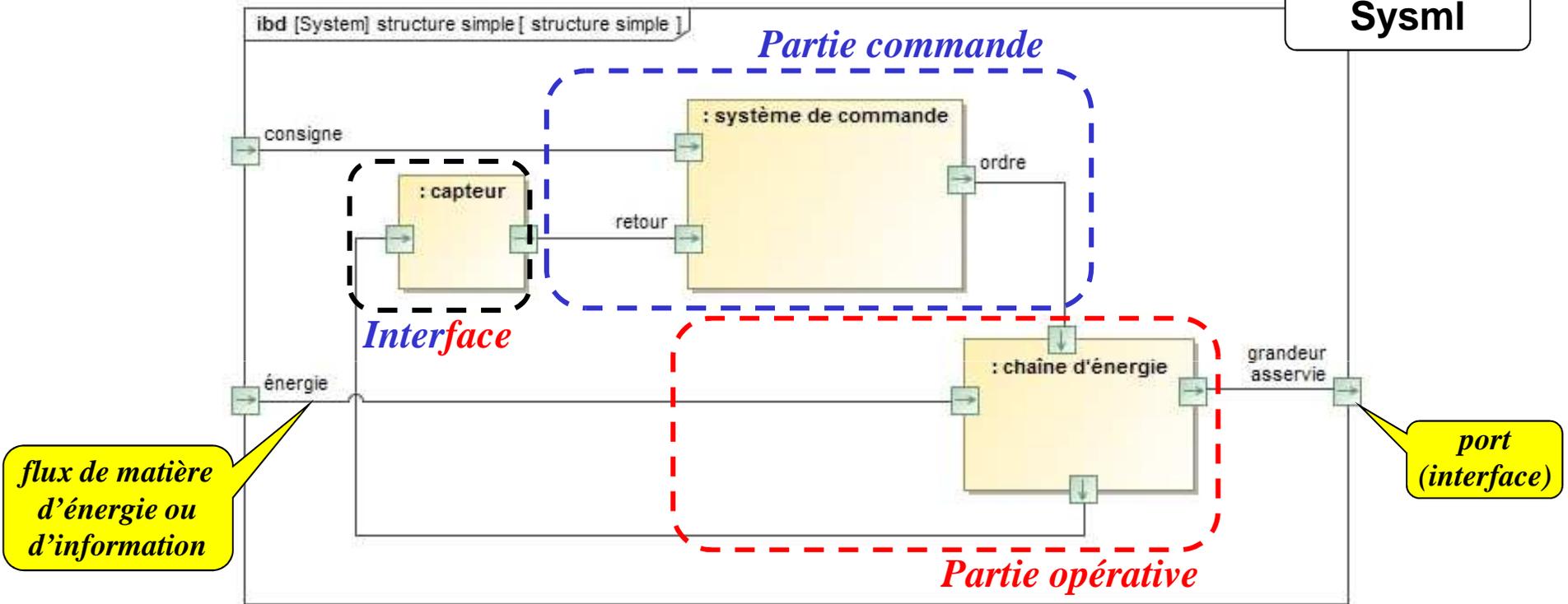
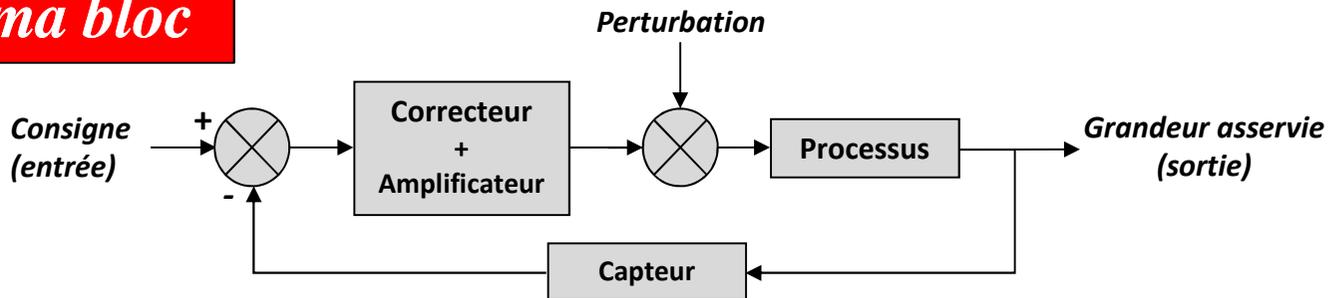


Schéma bloc



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_{1%}**



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 % : $D_{1\%}$.