

## CORRECTIONS DES ASSERVISSEMENTS DES SYSTEMES LINEAIRES

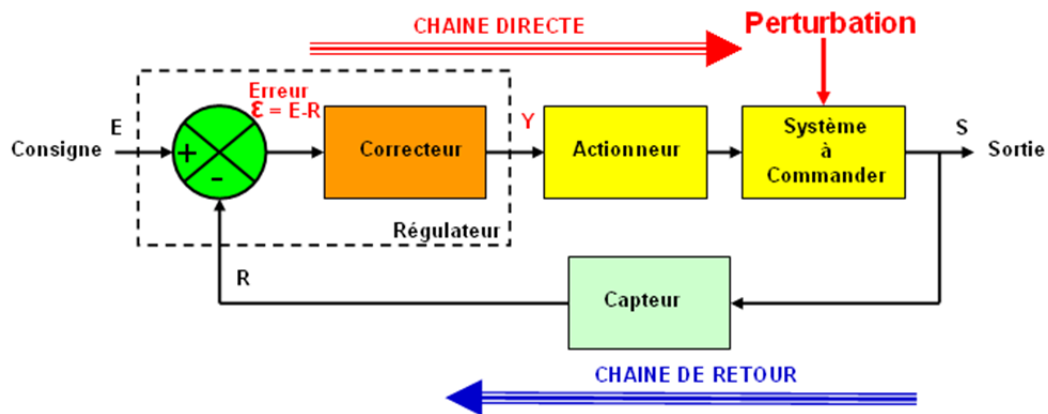
### 1- MODELISATION DES SYSTEMES ASSERVIS LINEAIRES

Afin d'éviter des éventuelles perturbations pouvant agir sur le circuit de la chaîne directe et déstabiliser le système, on doit surveiller et corriger la grandeur de sortie de la chaîne de régulation

#### 1.1- Schéma fonctionnel d'un système asservi

Il faut apparaître un 'dispositif de commande' dont l'entrée est une consigne, un 'comparateur' qui permet d'élaborer en sa sortie une **erreur** entre l'image de la consigne et l'image de la grandeur mesurée en sortie, un système commandé matérialisant la **chaîne directe**, et un dispositif d'observation constituant le **chaîne de retour**.

**L'objectif de ce dispositif (matériel, ou logiciel) qui détermine le signal de commande de l'actionneur en recherchant à annuler l'écart entre la grandeur réglée et la consigne.**



Modélisation d'un système asservi

#### 1.2- Méthode d'identification d'un système

Il existe principalement deux méthodes permettant l'identification d'un système asservi en boucle ouverte, la méthode par réponse indicielle ou à un échelon et la méthode par réponse harmonique (non traitée ici).

On définit la chaîne en boucle ouverte par la fonction de transfert entre la mesure (avant le comparateur, entrée du correcteur) et l'écart (après le comparateur, sortie capteur).

**Méthode : La réponse indicielle ou réponse à un échelon :** Appliquer au système un échelon de grandeur à l'entrée en étant dans le domaine de linéarité du système.

Analyser la réponse avec le modèle mathématique du 1<sup>er</sup> ordre, 2<sup>ème</sup> ordre.

## 2- REALISATION ET VALIDATION D'UN MODELE

Afin d'étudier le système du point de vue expérimental et pour réaliser une validation d'un modèle, il est nécessaire d'utiliser des consignes simples ou signaux d'entrée test.

## 2.1- Principe de causalité

Un système réalisable est dit causal, il ne répond pas avant d'être commandé, de la même manière un signal est dit causal s'il est défini pour  $t \geq 0$  et nul pour  $t < 0$ , en général un signal est toujours causal à condition de bien définir l'origine des temps.

Les signaux seront toujours nuls pour 'les temps négatifs'.

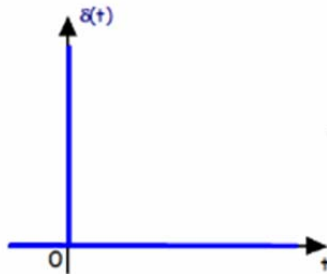
### Les signaux d'entrée test ou stimuli

Chaque signal d'entrée test permet d'évaluer spécifiquement le comportement du système bouclé.

#### La réponse impulsionnelle :

Elle est étudiée à partir d'un signal d'entrée test défini par l'impulsion de Dirac et dont l'expression est définie par :  $\delta(t) = 0, \forall t \neq 0$

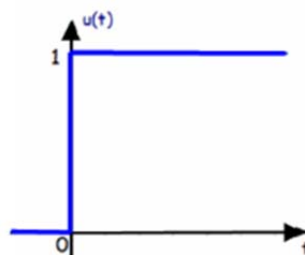
On peut assimiler cette impulsion à un choc tel l'action d'un marteau, ou la frappe d'une corde de piano,...



#### La réponse indicielle :

Elle est étudiée à partir d'un signal d'entrée défini par un échelon unité, dont l'expression est donnée par :  $u(t) = 0, \forall t < 0$  et  $u(t) = 1, \forall t \geq 0$

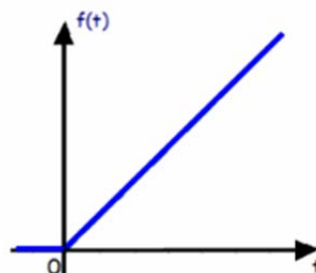
On peut assimiler cet échelon à la mise sous tension au travers d'un interrupteur



#### La réponse à une rampe :

Elle est étudiée à partir d'un signal d'entrée défini par une rampe, dont l'expression est donnée par :  $f(t) = 0, \forall t < 0$  et  $f(t) = a.t, \forall t \geq 0$  ou  $f(t) = a.t.u(t)$

Ce type de signal test permet d'évaluer la capacité du système à suivre une consigne évoluant dans le temps.



## 2.2- Les critères de réponse d'un système automatique

On distingue quatre critères permettant d'évaluer les performances d'un système automatique :

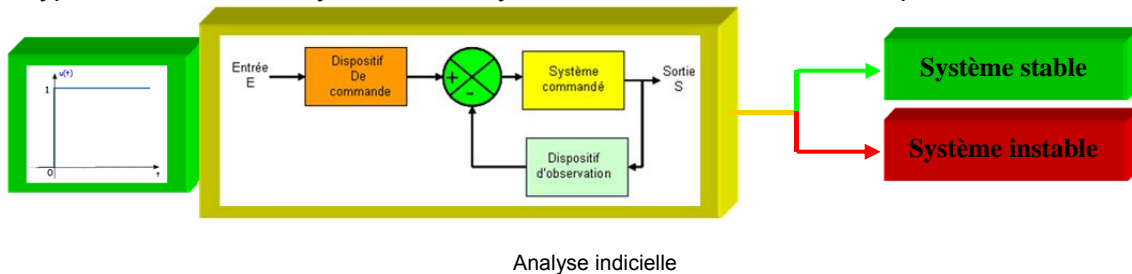
- **La stabilité, la précision, la rapidité, l'amortissement.**

L'asservissement idéal est un système ayant une bonne stabilité et une bonne précision. Le régime transitoire doit être rapide et bien amorti. Ces critères ne sont pas toujours compatibles, il faut alors chercher un compromis.

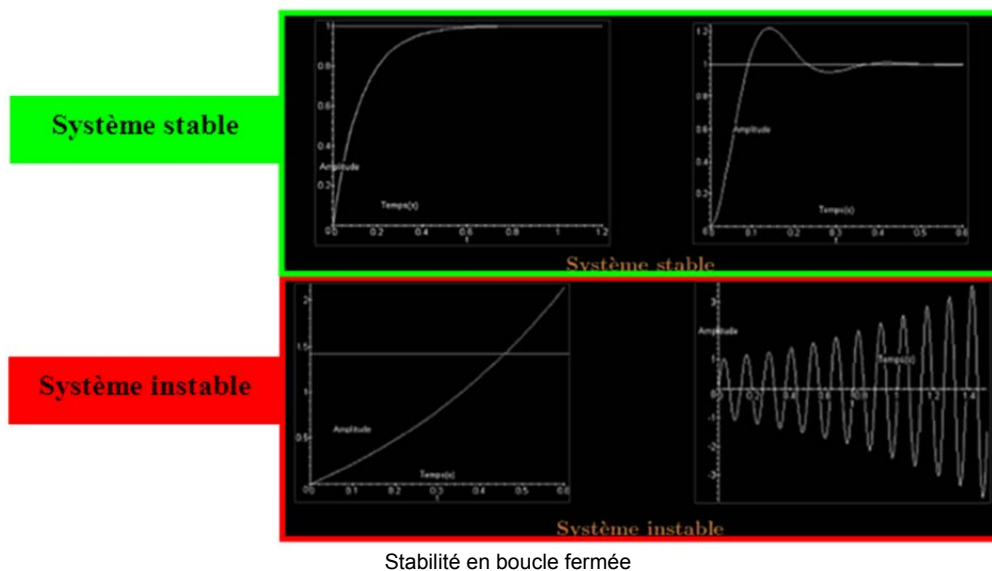
### 2.2.1- La stabilité

C'est le premier critère à analyser, car dans le cas où le système n'est pas stable les autres critères ne peuvent pas être évalués.

L'étude de la stabilité d'un système asservi s'effectue en appliquant à l'entrée un signal test de type échelon. On analyse alors le système bouclé à travers une réponse indicielle.



### A- Identification des fonctions du système asservi avec le modèle



### 3- ANALYSE DES PERFORMANCES

#### 3.1- La précision

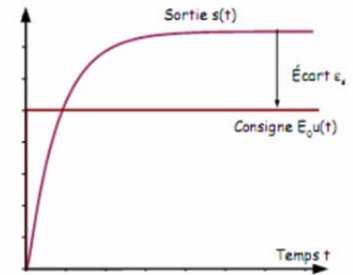
Elle caractérise le système à atteindre la valeur souhaitée en sortie. Elle est définie par l'expression de l'écart entre la consigne d'entrée  $e(t)$  et la grandeur de sortie  $s(t)$  :

$$\varepsilon(t) = e(t) - s(t)$$

On définit l'écart statique :  $\varepsilon_s(t)$

Le dispositif de régulation est précis si l'écart statique est nul.

$$\varepsilon_s = \lim_{t \rightarrow +\infty} (e_0 \cdot u(t) - s(t))$$



Erreur de position

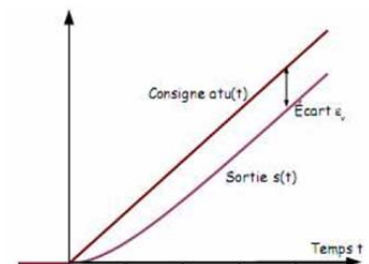
#### 3.2- La poursuite

On l'appelle aussi l'écart de traînage. Il représente la différence entre la consigne et la réponse en régime permanent, le système est en mode suiveur.

L'erreur de traînage est définie par la relation :

$$\varepsilon_v = \lim_{t \rightarrow +\infty} (e(t) - s(t)) \text{ avec } e(t) = a.t.u(t) \text{ (rampe)}$$

Un système suiveur est précis si l'écart de traînage est nul.



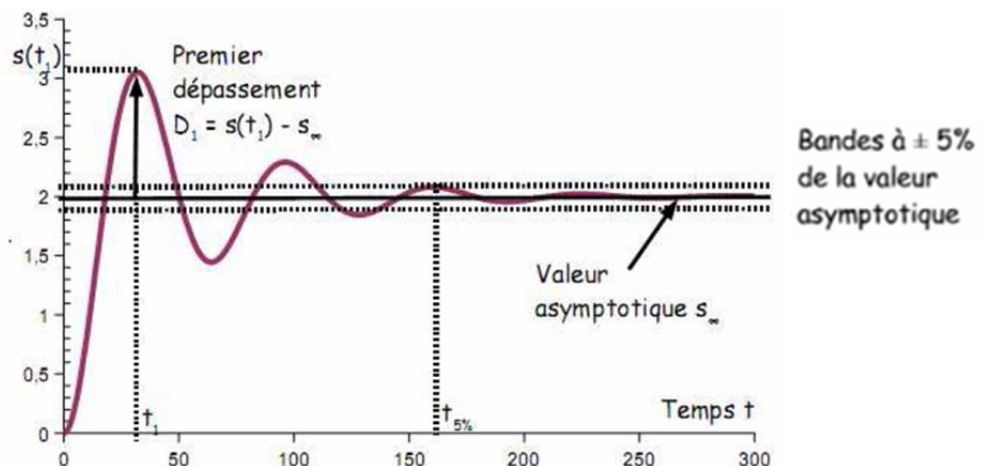
Erreur de traînage

#### 3.3- La rapidité et amortissement Le dépassement

La rapidité est caractérisée par le temps que met le dispositif à réagir à une entrée variant brusquement.

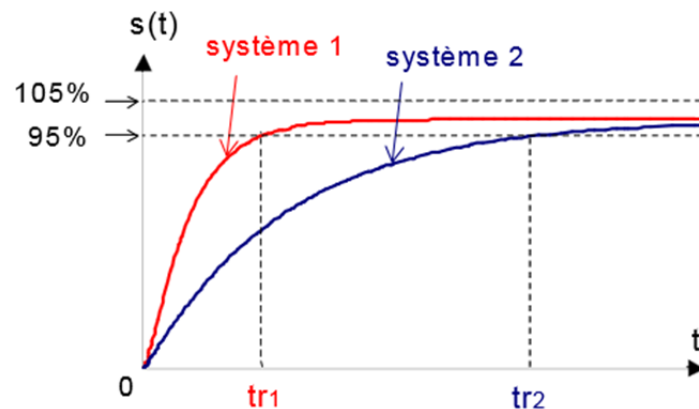
On retient comme premier critère le temps que met le système à entrer dans la bande des  $\pm 5\%$  de la valeur asymptotique finale, qui correspond au temps de réponse à 5%.

Il est possible d'avoir un système stable, rapide, mais comportant des oscillations amorties. Certaines applications ne tolèrent aucune oscillation, c'est le cas des systèmes mécanique d'usage.

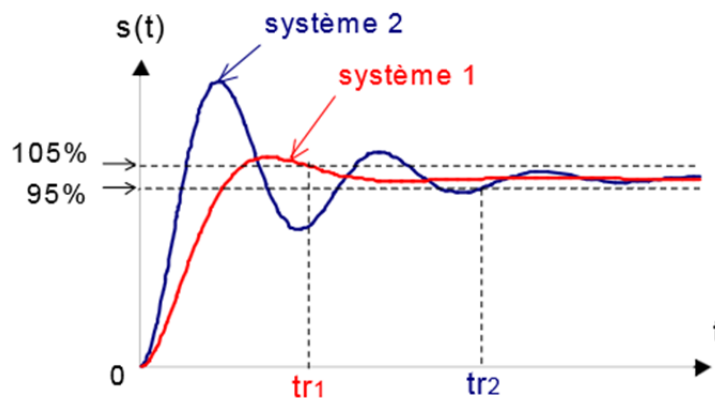


## La rapidité et le temps de réponse

Un système est rapide si son temps de réponse est jugé satisfaisant.



Le système 1 est plus rapide que le système 2

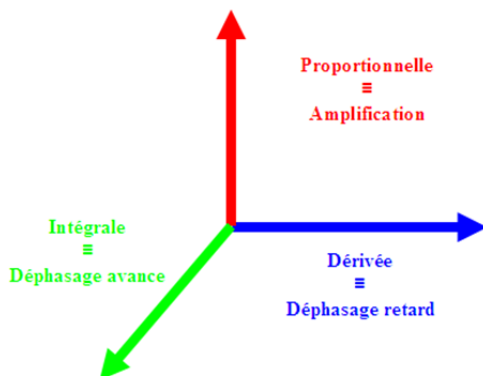


Le système 2 peut paraître plus rapide au départ mais son caractère trop oscillatoire lui donne un temps de réponse élevé. Le système 1 est plus rapide que le système 2

Le temps de réponse à 5% d'un système est le temps mis pour que sa sortie atteigne et reste dans l'intervalle [95% ; 105%] de la valeur finale stabilisée.

## 4- LES CORRECTEURS

On peut considérer trois axes de travail permettant une correction optimale d'un système asservi, l'action Proportionnelle, l'action Intégrale et l'action Dérivée.



Le déphasage est un décalage temporel. S'il est retard alors le signal de sortie est en retard sur le signal d'entrée. Le déphasage avance quant à lui fait apparaître le signal de sortie en avance sur le signal d'entrée.

On note par :

**$K_p$  (ou P) :** l'action d'un gain proportionnel

**$K_i$  :** le temps de l'action intégrale

**$K_d$  :** le temps de l'action dérivée

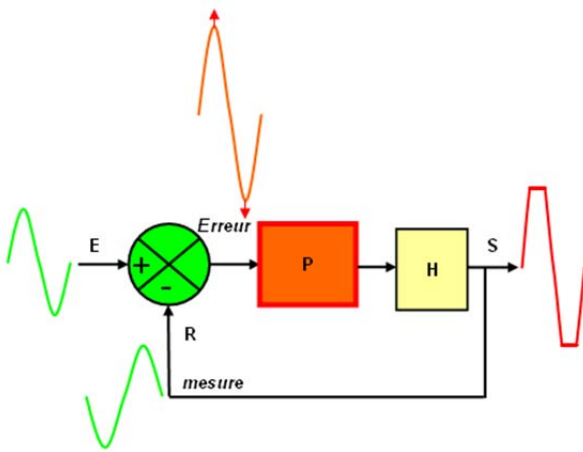
Effet des trois correcteurs

**4.1- Effets des actions des correcteurs**

**Kp (ou P) :** Réduit l'écart en diminuant la valeur de la bande proportionnelle et ce au détriment de la stabilité du système. La diminution de la bande proportionnelle peut ramener le système vers l'instabilité, d'où apparition d'oscillations amorties et un temps de stabilisation.

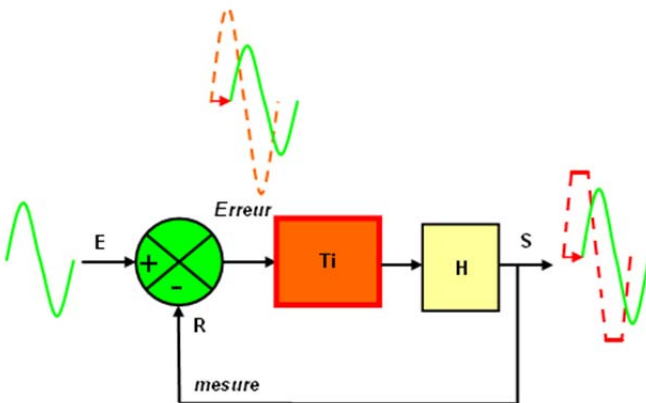
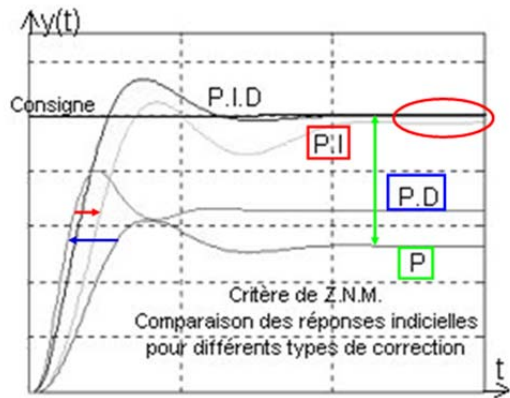
**Kp ou Td :** L'action dérivée ralentit la montée de la consigne et évite ainsi les dépassements éventuels. L'action dérivée permet de compenser l'inertie du système. Elle stabilise le système bouclé et permet de mettre en œuvre des valeurs de gain élevées. Cette correction est principalement utilisée pour des systèmes présentant des inerties relativement importantes.

**Ki ou Ti :** L'action intégrale permet de réduire tout écart de statisme du système bouclé sans avoir d'influence sur ce dernier.

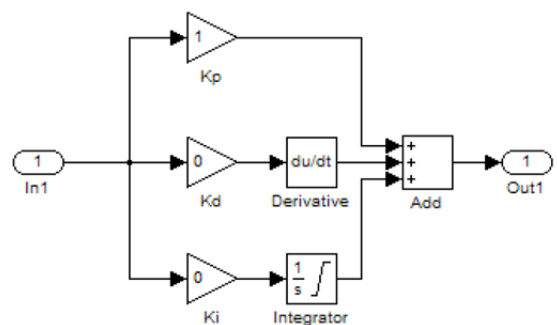


Le correcteur proportionnel augmente l'instabilité.  
L'action du déphasage avance ou retard apporté par le correcteur permet de stabiliser le système

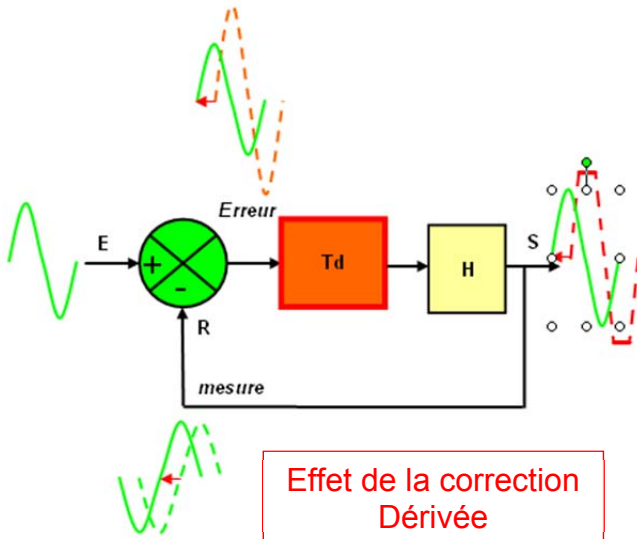
Effet de la correction Proportionnelle



Effet de la correction Intégrale



**DOCUMENTS RESSOURCES**

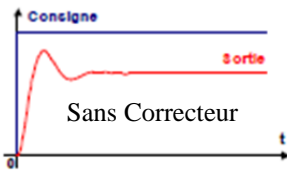
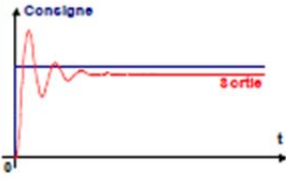
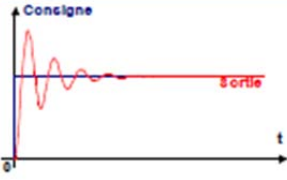


Modèle correcteur  
PID

Effet de la correction  
Dérivée

Analyse temporelle des correcteurs

**4.2- Synthèse des correcteurs**

	Action P	Action I	Action D
En statique	L'écart diminue si $K_p$ augmente jusqu'à la limite de l'instabilité	Annule l'erreur statique	Aucun effet – Erreur statique toujours présente
En dynamique	Augmente la rapidité, mais risques d'instabilités	Risque d'augmenter l'instabilité	Permet de stabiliser
	 <p>Sans Correcteur</p>		
Temps de réponse	Diminue	Augmente	Diminue
Dépassement	Augmente	Augmente	Diminue

Synthèse temporelle des correcteurs