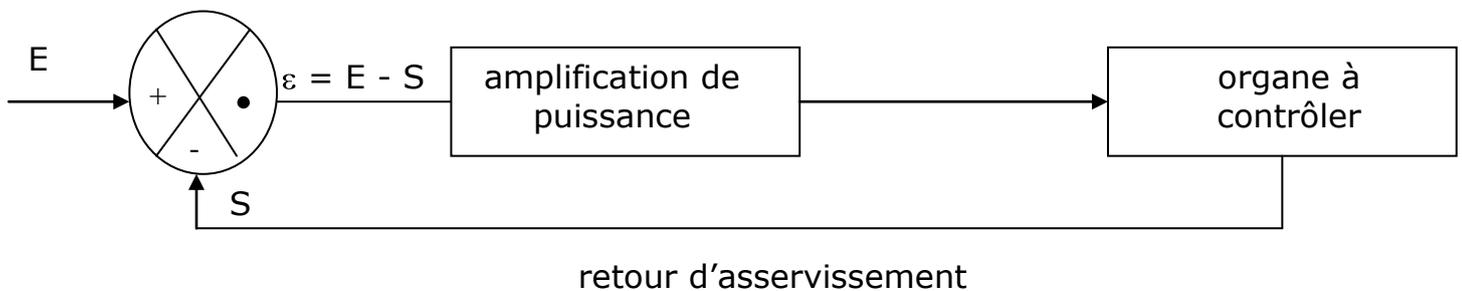


AUTOMATISME, SERVO-MECANISME

I. Définition

On appelle servo-mécanisme, un système de commande qui contrôle en permanence la réponse du système par rapport aux ordres d'entrée, et qui élabore les corrections nécessaires pour annuler toutes différences entre l'entrée E et la sortie S, tel que $\varepsilon = E - S$. (ε signal d'écart ou d'erreur)



En résumé : un servo-mécanisme possède 2 propriétés :

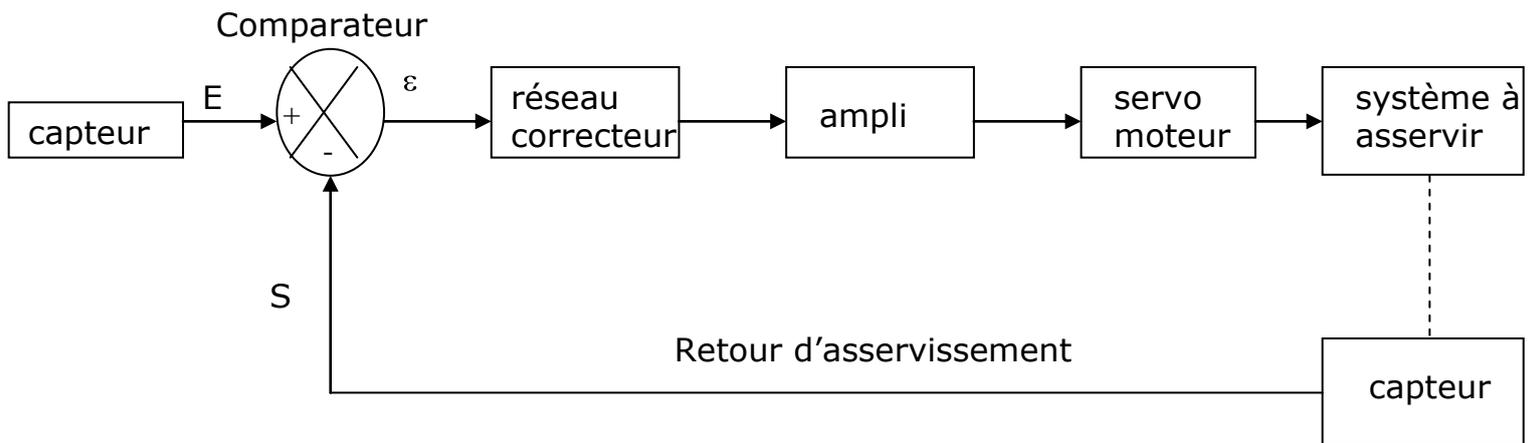
- une amplification de puissance
- un retour d'asservissement

Un servo-méca travaille donc en boucle fermée, c'est à dire qu'il compare en permanence la sortie S par rapport à l'entrée E afin d'annuler automatiquement tout écart entre E et S.

II. Caractéristiques des servo-mécanismes

- 1) Précision : capacité du système à réagir et corriger tout signal d'écart ε .
- 2) Temps de réponse : capacité du système à réagir rapidement dans la correction de l'erreur
- 3) Stabilité : éviter au mieux les phénomènes oscillatoires.

III. Fonctions et éléments constitutifs des servo-mécanismes



Capteur ou boîte de commande : permet d'afficher ou d'identifier de façon quantitative l'ordre ε à réaliser.

Comparateur : délivrer un signal d'écart ou d'erreur, image de la différence entre E et S tel que $\varepsilon = E - S$.

Réseau correcteur : transformer le signal d'écart ε en un signal d'écart corrigé ε_C . Son but est d'améliorer les performances de servo-méca en repoussant les limites du compromis précision-stabilité. C'est à dire de faire en sorte d'améliorer la précision du système sans en affecter la stabilité. Ils sont composés de filtre à partir de circuit R, L, C. (voir chapitre R/C)

Amplification : adapter le signal d'écart à la servitude qui doit être alimentée.

Servo-moteur : électrique ou hydraulique, ils sont principalement utilisés pour mouvoir des pièces mécaniques comme par exemple les CDV.

Système à asservir : objet à déplacer ou à contrôler.

IV. Notions sur les systèmes à commande linéaire

Les systèmes linéaires sont des systèmes de commande dont le fonctionnement est régi par une équation différentielle à coefficients constants.

La relation qui relie l'entrée et la sortie est de la forme :

$$A_0E + A_1 \frac{dE}{dt} + A_2 \frac{d^2E}{dt^2} + \dots = B_0S + B_1 \frac{dS}{dt} + B_2 \frac{d^2S}{dt^2} + \dots$$

V. Fonctions et lieux de transfert

1) Fonction de transfert

La fonction de transfert d'un système asservi est l'étude de la réponse $S(t)$ du système pour un ordre d'entrée $E(t)$.

Si l'équation différentielle qui relie E/S est du 1^{er} ou 2^{ème} ordre, la résolution des équations des servo-méca se fait, au travers de son équation différentielle.

Si l'ordre est plus important, elle se passe par l'utilisation d'un opérateur mathématique appelé « transformée de LAPLACE ».

2) Lieu de transfert

Le lieu de transfert d'un système asservi est une représentation graphique du rapport d'amplitude et du déphasage de S/E en fonction de la pulsation. L'étude du lieu de transfert permet de mettre en évidence les caractéristiques du servo-mécanisme. (précision, stabilité, temps de réponse)

BODE est aujourd'hui le plus usité et met ces caractéristiques en évidence sur 2 graphes distincts.

1^{er} graphe → rapport d'amplitude / pulsation

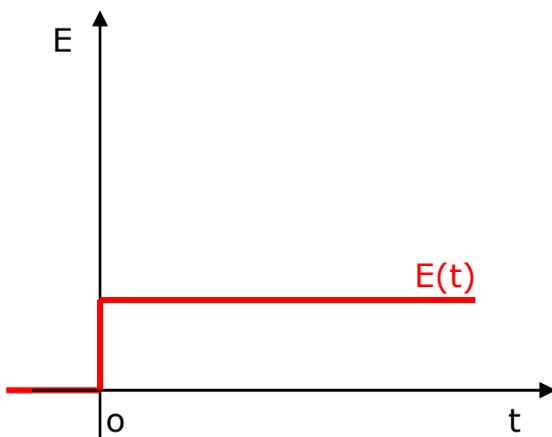
2^{ème} graphe → déphasage entre E et S / pulsation

BLACK et NIQUIST mettent en évidence ces caractéristiques au travers d'un seul graphe. De ce fait, l'analyse des caractéristiques est **plus rapide**.

VI. Les différences entrées, réponses et régimes

1) Les différences entrées : afin de mettre en évidence les caractéristiques des servo-méca, on les soumet à l'influence d'entrées types.

a) Entrée unitaire

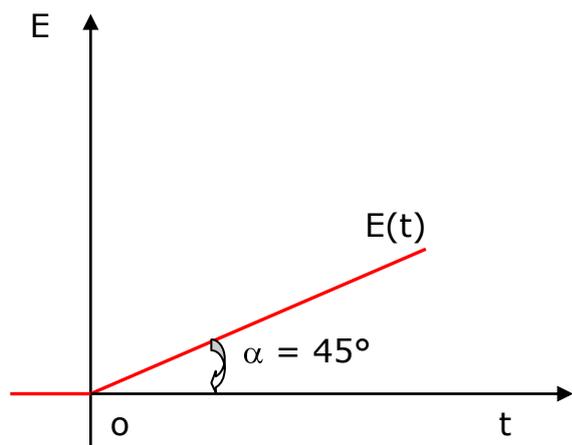


$$\text{si } t < 0 \rightarrow E(t) = 0$$

$$\text{si } t = 0 \rightarrow E(t) = 1$$

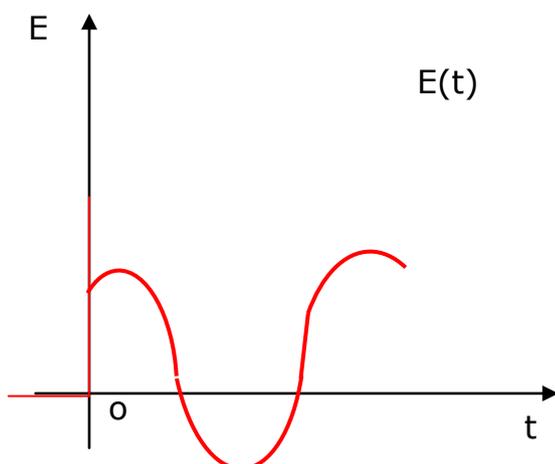
$$\text{si } t > 0 \rightarrow E(t) = 1$$

b) Entrée rampe ou vitesse



$$\begin{aligned} \text{si } t < 0 &\rightarrow E(t) = 0 \\ \text{si } t \geq 0 &\rightarrow E(t) = Kt \text{ avec } K = \text{tg}\alpha \\ &\rightarrow K = 1 \rightarrow E(t) = t \end{aligned}$$

c) Entrée harmonique

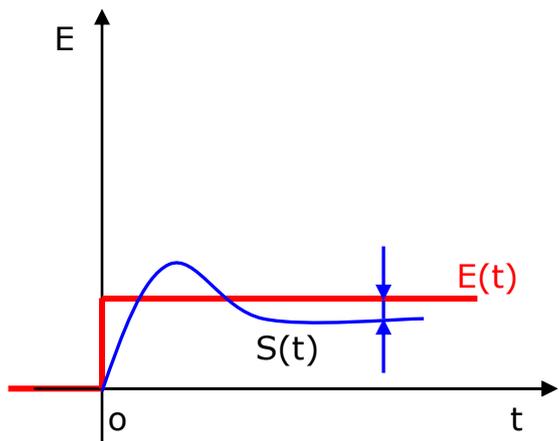


$$\begin{aligned} \text{si } t < 0 &\rightarrow E(t) = 0 \\ \text{si } t = 0 &\rightarrow E(t) = E_0 \sin \Phi \\ \text{si } t > 0 &\rightarrow E(t) = E_0 \sin (\omega t + \Phi) \end{aligned}$$

2) Les réponses

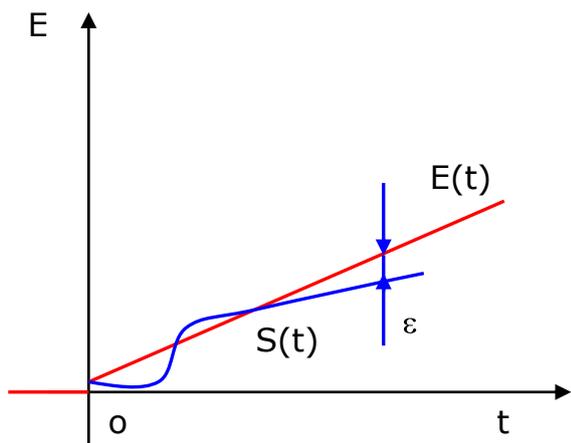
Les réponses $S(t)$ permettent de mettre en évidence les erreurs ou imprécision des servo-méca. A noter que ces erreurs portent un nom particulier en fonction de la nature de l'entrée.

a) Réponse à l'entrée unitaire



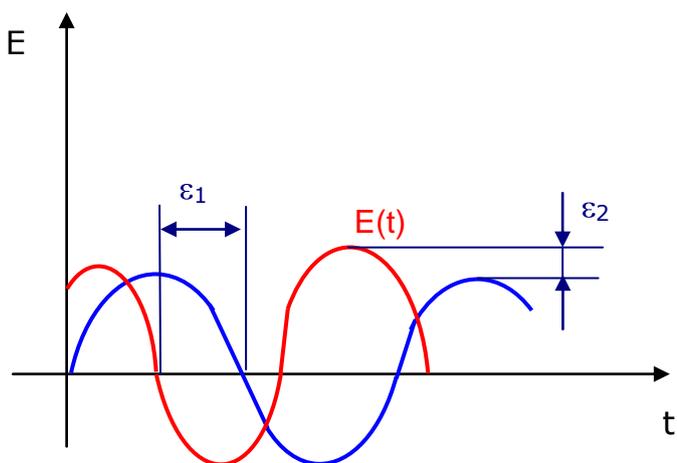
$\epsilon = E - S$. Si $S(t) \neq E(t)$, l'erreur est appelée : « erreur de position ».

b) Entrée rampe ou vitesse



$\epsilon = E - S$. Si $S(t) \neq E(t)$, l'erreur est appelée : « erreur de traînée ».

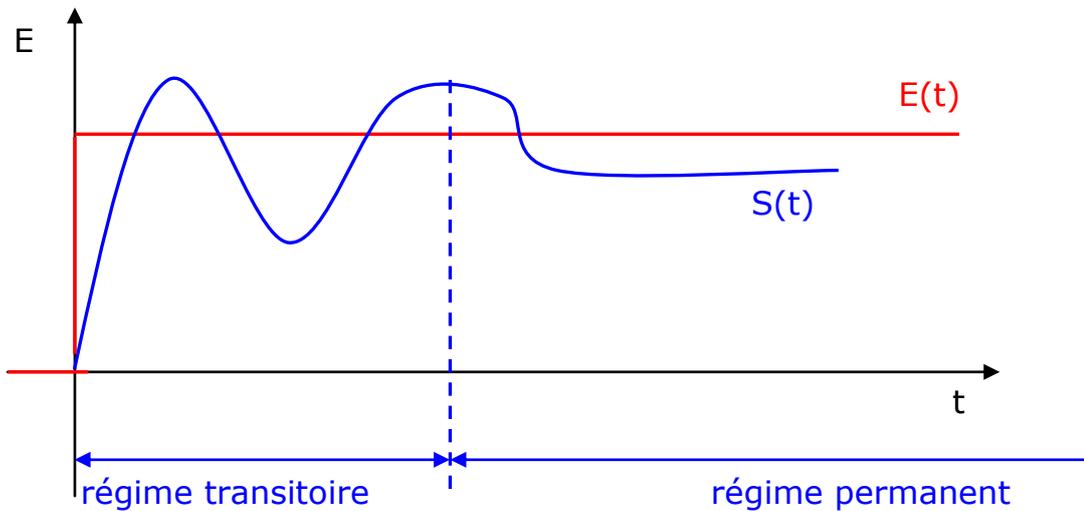
c) Entrée harmonique



ϵ_1 : erreur de phase

ϵ_2 : erreur d'amplitude

3) Les régimes



On considère être en régime permanent à partir du moment où $S(t)$ ne s'écarte pas plus de 5% de $E(t)$.

VII. Notion de bande passante

On appelle bande passante d'un système, la bande qui s'étend de la fréquence nulle à la fréquence provoquant une atténuation de -3db .

Remarque : cette bande doit être suffisamment grande pour contenir toutes les fréquences utiles au système et suffisamment étroite pour ne pas amplifier les perturbations éventuelles.

VIII. Les différents types de réseaux correcteurs

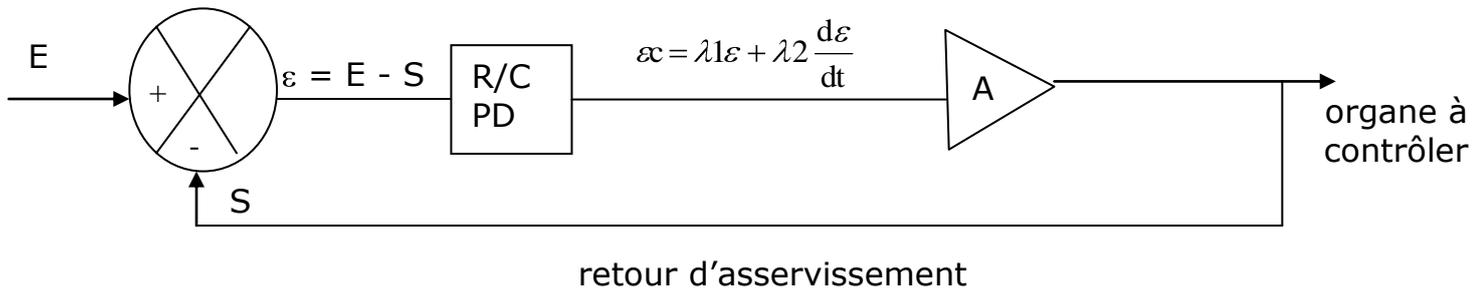
Rappelons que leur rôle est d'améliorer les caractéristiques des servos-mécanismes, en reculant au mieux les limites du compromis « précision-stabilité ».

C'est à dire en essayant d'améliorer la stabilité du mécanisme sans en affecter la précision.

Ce compromis est assuré par 3 types de réseau correcteur.

- Réseau correcteur proportionnel dérivée (P.D.) à avance de phase
- Réseau correcteur proportionnel intégral (P.I.) à retard de phase
- Réseau correcteur proportionnel intégral dérivée (PID) ou mixte.

a) R/C de type P.D.

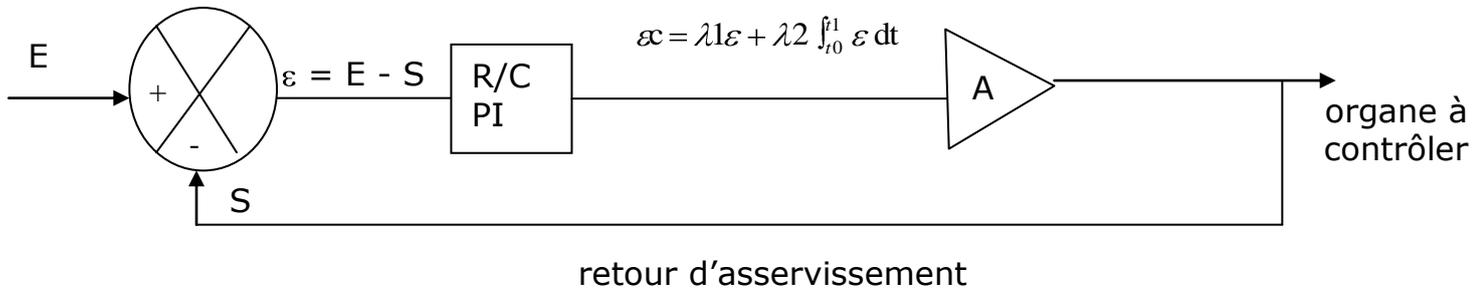


Le réseau correcteur PD a pour fonction d'ajouter au signal d'écart ε détecté par le comparateur un terme d'action dérivée/temps. L'évolution de ε au cours du temps étant prise en compte par l'intervention du terme $\frac{d\varepsilon}{dt}$, pour que $S = E$, il faut non seulement que $\varepsilon = 0$ mais aussi que $\frac{d\varepsilon}{dt} = 0$.

On réalise ainsi une anticipation du nulle.

En résumé, le R/C de type PD a pour action d'augmenter la stabilité par anticipation du nulle alors que la précision conférée au comparateur reste inchangée.

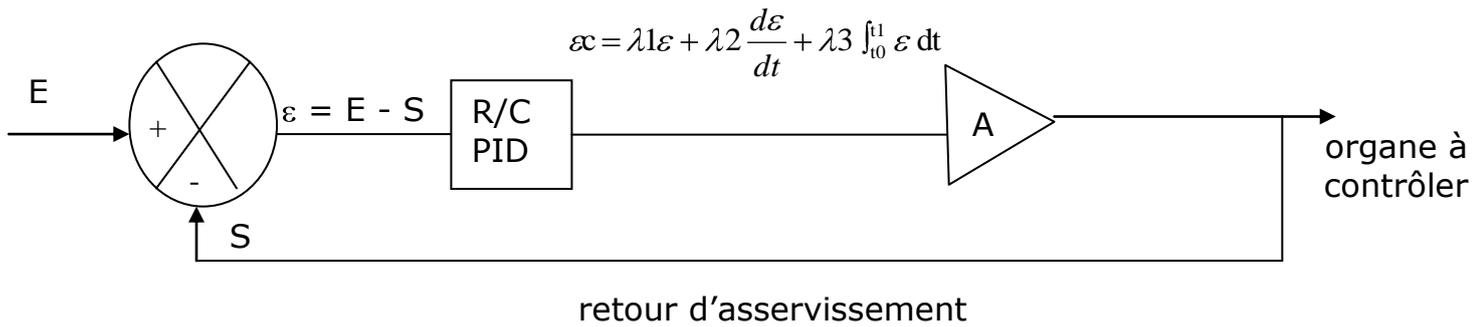
b) R/C de type P.I.



Le terme intégral se comporte ici comme un sommateur et permet d'intégrer dans le temps toute erreur aussi petite soit-elle entre E et S.

Son but 'est donc d'augmenter la précision des servo-mécanismes.

c) R/C de type P.I.D



$\varepsilon_c = 0$ dès que la combinaison linéaire des 3 termes qui la compose est nulle. On joue sur la stabilité ou la précision en faisant évoluer les coefficients de gain d'amplification λ_2 et λ_3 .

IX. Résonance d'un circuit RLC.



R : résistance
L : inductance
C : capacité

L'impédance d'un tel circuit s'exprime sous la forme :

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{c\omega})^2}$$

On dit que ce circuit est à la résonance lorsque

$$L\omega = \frac{1}{c\omega} \rightarrow \text{soit } L\omega - \frac{1}{c\omega} = 0$$

à la résonance , ce circuit est donc purement résistif donc non déphaseur et présente un maximum d'amplitude.

X. Tableau récapitulatif

	STABILITE	PRECISION
Gain bande passante ↑	↓	↑
Amortissement temps de réponse ↑	↑	↓
Système P.D.	↑	Inchangée
Système P.I.	Inchangée	↑