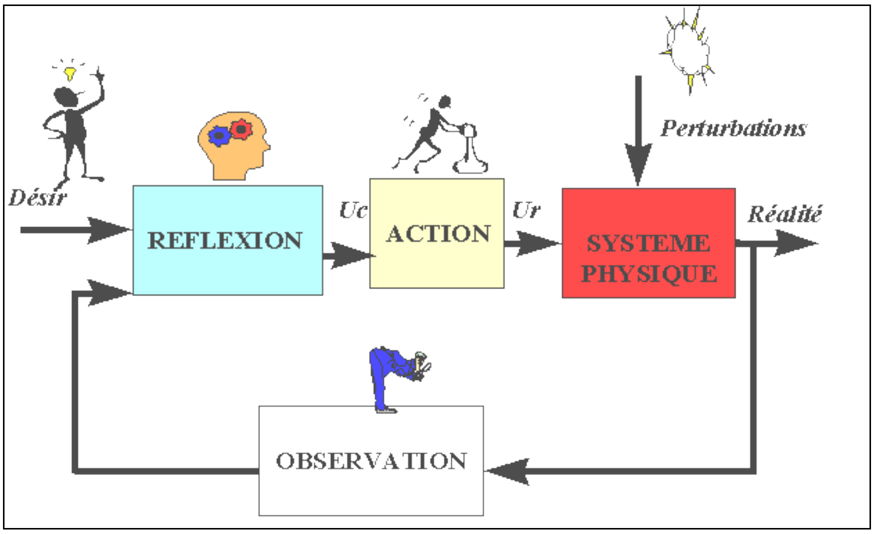
Chapitre 4 : systèmes asservis linéaires.

A) Structure d'un système asservi :

- **nécessité du système bouclé :**



Système en boucle ouverte :

consigne venant du cerveau → Poussée des muscles. → vitesse, trajectoire, …

Résultat :

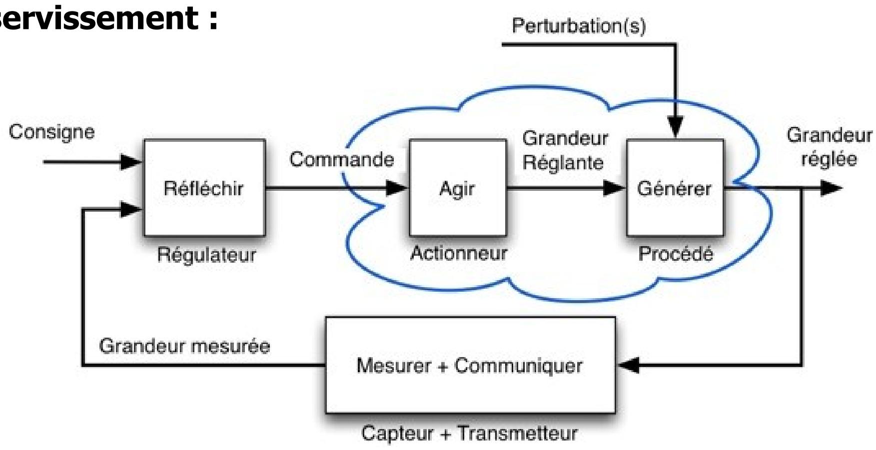
!!!

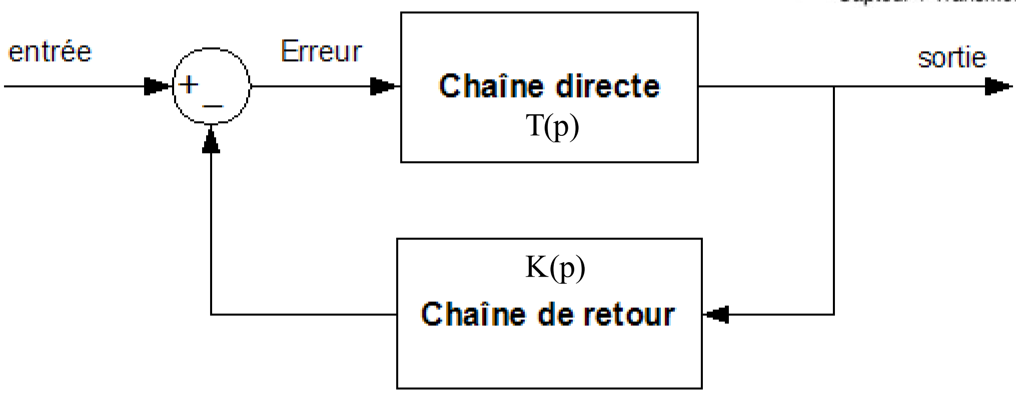
- nécessité de mesurer la sortie pour en ramener une partie sur l'entrée de manière à réagir.

<u>Intérêts d'un asservissement :</u>

- rendre contrôlable un système qui ne l'était pas (voir plus haut)
- améliorer la rapidité du système ou sa précision ou sa stabilité
- diminuer l'influence des perturbations.

schéma général de l'asservissement :

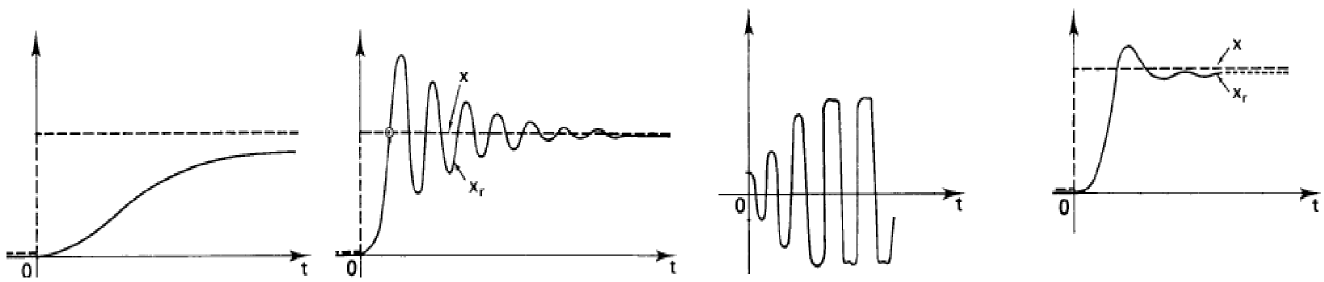




Expression de la transmittance de la boucle ouverte :

Expression de la transmittance de la boucle fermée :

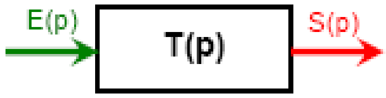
caractéristiques importantes d'un asservissement :



B) Stabilité d'un asservissement en boucle fermée :

rappel des représentations de Bode et de Nyquist des transmittances :

Soit un système représenté par sa transmittance de Laplace T(p) :

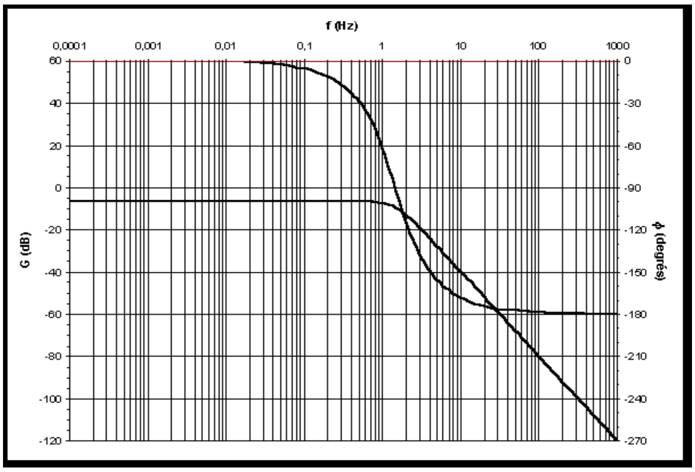


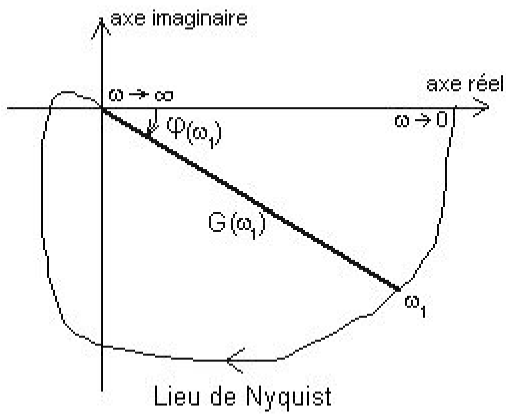
S(p) = T(p) . E(p)

En sinusoïdal, on peut représenter la fonction de transfert complexe T(j.ω) par :

Le diagramme de Bode :

La représentation de Nyquist :





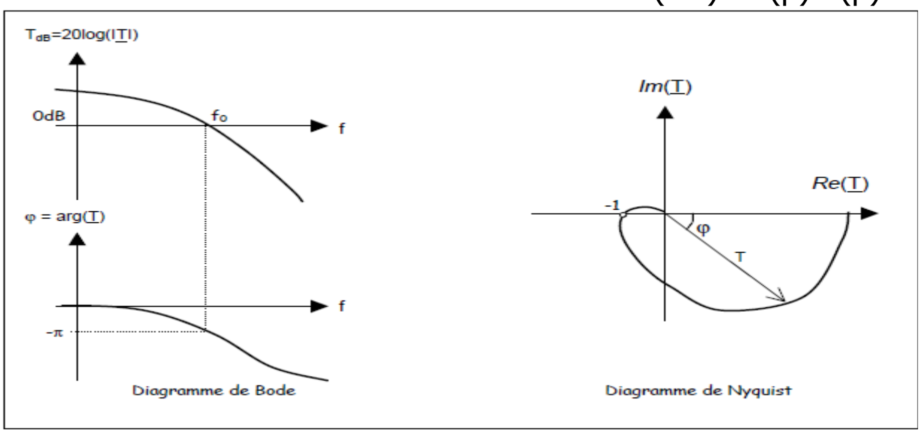
condition générale sur la stabilité :

Un système est stable si sa réponse à une impulsion tend vers 0 quand t tend vers l'∞.

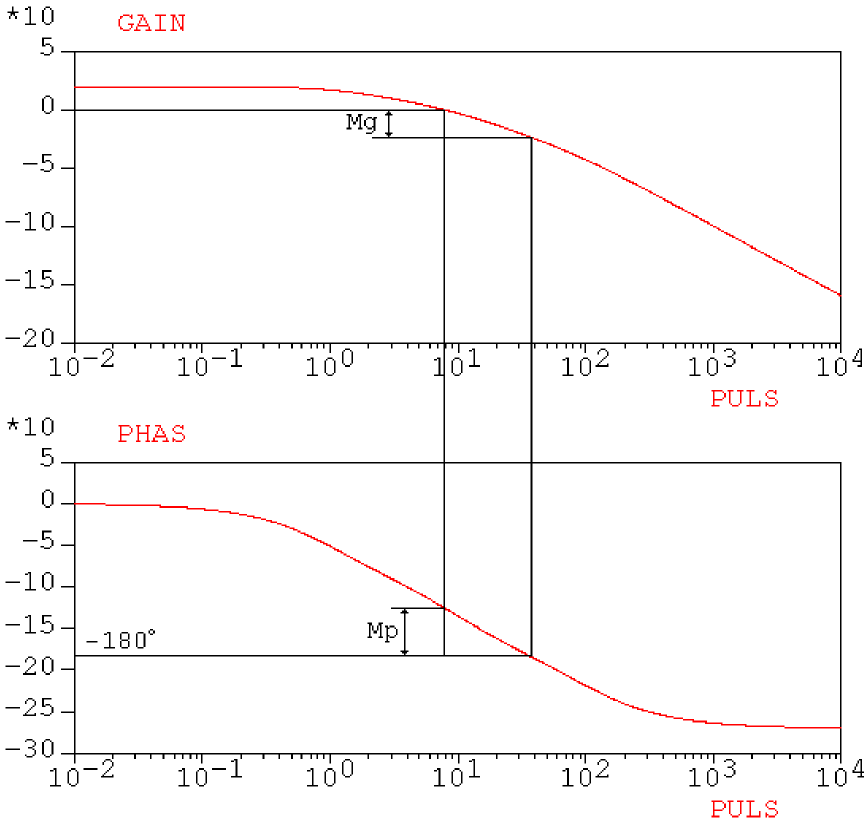
ou

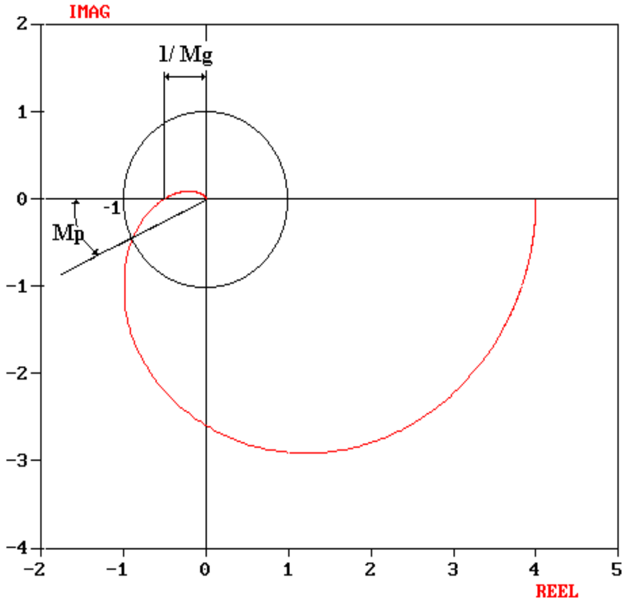
Un système est stable si sa fonction de transfert T(p) ne contient que des pôles à partie réelle négative.

On recherchera la condition d'instabilité en Boucle Ouverte (BO) : T(p).K(p) = -1.



marge de phase et marge de gain :



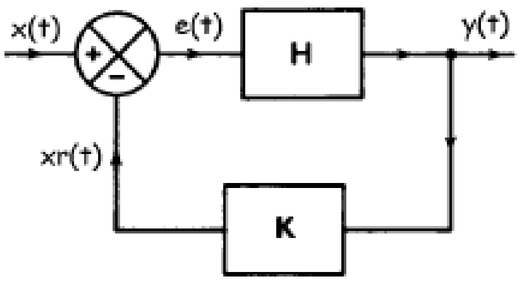


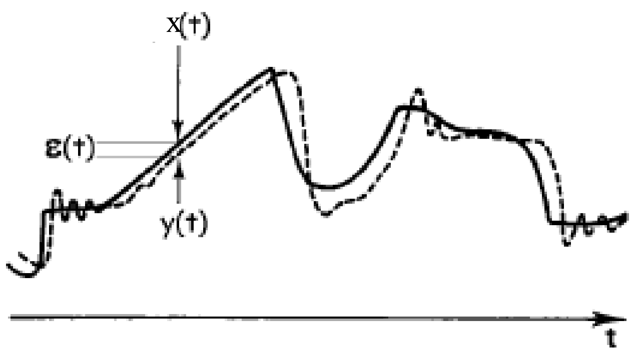
Marge de phase :

Marge de gain :

Une marge de phase de 45° correspond à un dépassement de 20% et est souvent satisfaisante.

C) Précision d'un asservissement :





Système précis et mesure de l'erreur ε(t) = y(t) – x(t)

Expression de ε(p) :

L'erreur en régime permanent est donnée par le théorème de la valeur finale :

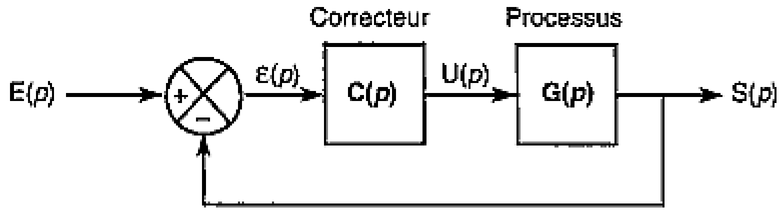
$\varepsilon(\infty) = \lim_{p \to 0} p.\varepsilon(p) =$

Exemple : x(t) est un échelon de valeur 2 et H(p)= $\dfrac{H_0}{1+2.m.\dfrac{p}{\omega_0}+\left(\dfrac{p}{\omega_0}\right)^2}$, K = 3

- Vocabulaire :
- ➔ lorsque l'entrée est un signal échelon, on appelle l'écart en régime permanent erreur de position.
- ➔ lorsque l'entrée est un signal rampe, on appelle l'écart en régime permanent erreur de traînage.

D) Corrections des asservissements :

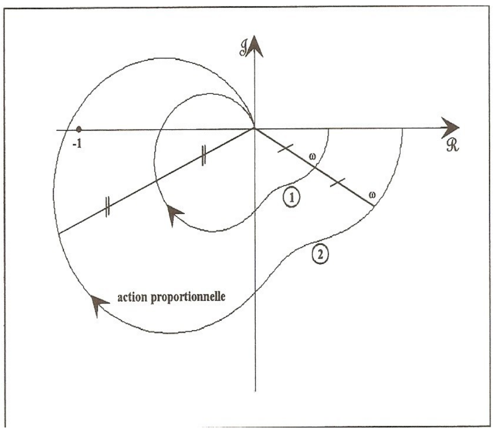
Pour corriger un défaut de stabilité, de rapidité ou de précision, on peut utiliser des correcteurs :

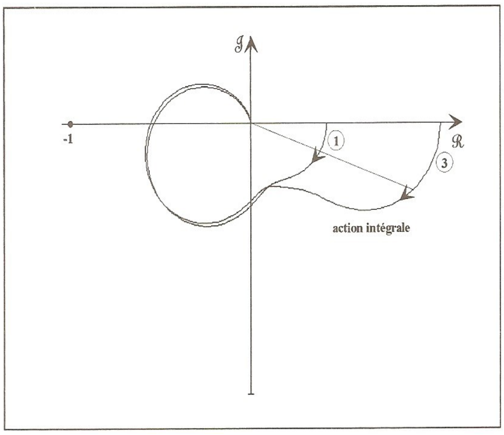


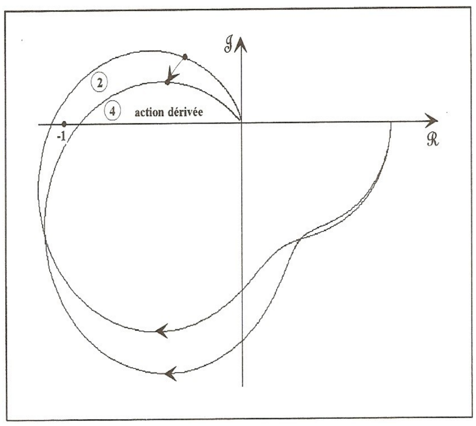
Les correcteurs sont de trois types :

- ➔ proportionnel : C(p) = K (constante).
- ➔ intégral : C(p) = $\dfrac{K}{p}$.
- ➔ dérivée : C(p) = K.p
- ➔ ou plus souvent un mélange des trois : PID : C(p) = $K.\left(1+\dfrac{1}{\tau_i.p}+\tau_d.p\right)$

- actions des trois correcteurs :





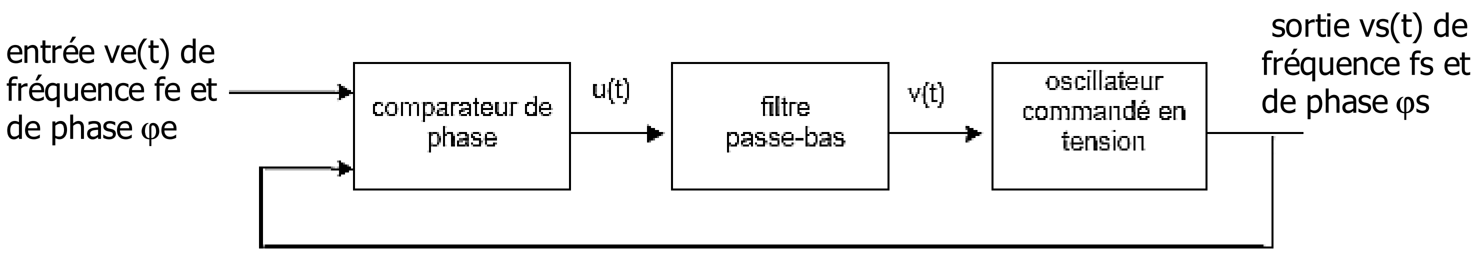


Résumé des actions PID

Action	Rôle et domaine d'utilisation
P	L'action Proportionnelle agit de manière instantanée, donc rapide. Afin de diminuer l'écart de réglage et rendre le système plus rapide, on augmente le gain mais, on est limité par la stabilité du système. Le régulateur P est utilisé lorsque on désire régler un paramètre dont la précision n'est pas importante, exemple : régler le niveau dans un bac de stockage.
I	L'action intégrale complète l'action proportionnelle. Elle permet d'éliminer l'erreur résiduelle en régime permanent. Afin de rendre le système plus dynamique (diminuer le temps de réponse), on diminue l'action intégrale mais, ceci provoque l'augmentation du déphasage ce qui provoque l'instabilité en état fermé. L'action intégrale est utilisée lorsque on désire avoir en régime permanent, une précision parfaite, en outre, elle permet de filtrer la variable à régler d'où l'utilité pour le réglage des variables bruitées telles que la pression.
D	L'action Dérivée, en compensant les inerties dues au temps mort, accélère la réponse du système et améliore la stabilité de la boucle, en permettant notamment un amortissement rapide des oscillations dues à l'apparition d'une perturbation ou à une variation subite de la consigne. Dans la pratique, l'action dérivée est appliquée aux variations de la grandeur à régler seule et non de l'écart mesure-consigne afin d'éviter les à-coups dus à une variation subite de la consigne. L'action D est utilisée dans l'industrie pour le réglage des variables lentes telles que la température, elle n'est pas recommandée pour le réglage d'une variable bruitée ou trop dynamique (la pression). En dérivant un bruit, son amplitude risque de devenir plus importante que celle du signal utile.

E) exemple de la PLL

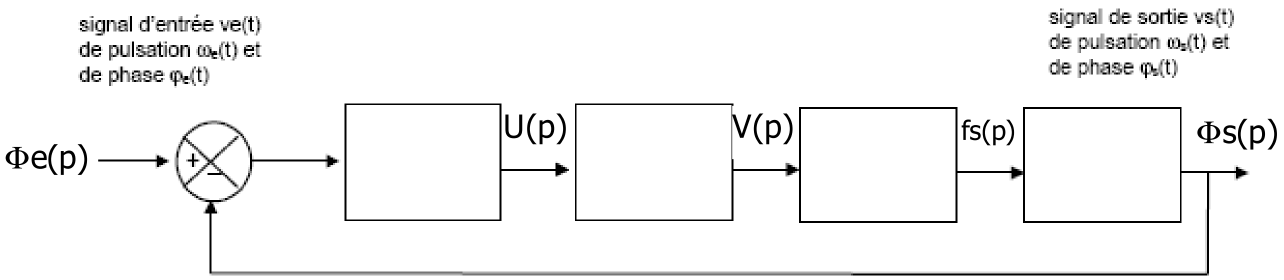
On rappelle les différents blocs du système asservi et on dessine le schéma fonctionnel de la boucle :



Le comparateur de phase donne un signal u(t) proportionnel à la différence (φe - φs) avec la constante de proportionnalité Kd.
Le filtre passe-bas est caractérisé par sa transmittance de Laplace F(p).

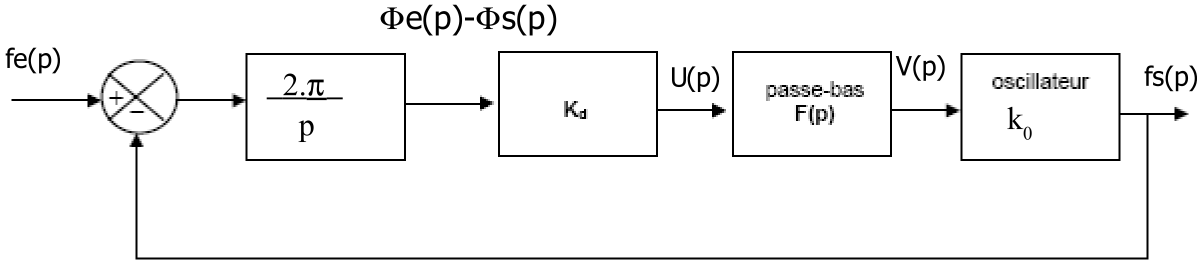
Le VCO donne un signal de fréquence $fs = f_0 + k_f \,.\, v(t)$ et on rappelle que $fs(t) = \frac{1}{2.\pi}\cdot\frac{d\varphi_s}{dt}$

En utilisant alors les notations de Laplace et pour des variations autour du point $f = f_0$:



La transmittance en boucle ouverte est : $T_{BO}(p) = \frac{\Phi_s}{\Phi_e} = \frac{k_0 . K_d . F(p)}{p}$

On peut alors simplifier ce schéma fonctionnel de manière à faire apparaître les grandeurs fe et fs en entrée et en sortie :



La transmittance en boucle ouverte est : $H_{BO}(p) = \frac{f_s(p)}{f_e(p)} = \frac{k_0 . K_d . F(p)}{p}$

Transmittance en boucle fermée : $H_{BF}(p) = \frac{f_s(p)}{f_e(p)} =$

Si le filtre passe-bas est un filtre RC (du premier ordre) : F(p) =

Alors, T(p) =

Le système est du second ordre de la forme : $T(p) = \frac{T_0}{1 + 2.m.\left(\frac{p}{p_0}\right) + \left(\frac{p}{p_0}\right)^2}$

avec : m = et p_0 =

L'erreur de position vaut :