

Auto-5 Asservissement et Régulation

Chapitre 7 : Les correcteurs PID

7.1. Définition

Les correcteurs **PID** (proportionnel, intégral et dérivé) sont très utilisés dans le domaine industriel. Ils ont l'avantage d'améliorer le comportement des systèmes asservis, par ailleurs, ces correcteurs font évaluer l'erreur entre le signal de référence et le signal de sortie, celle-ci est corrigée par l'un des Gains du correcteur **PID**, ce dernier est placé dans un schéma bloc d'asservissement. Voir la figure ci-dessous :

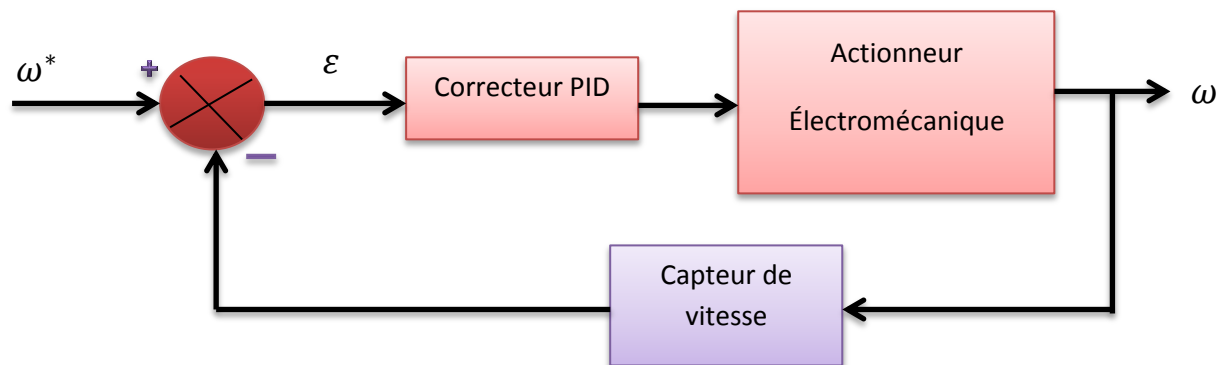


Figure.7.1. Correcteur PID dans une boucle d'asservissement.

D'après la figure ci-dessus, le correcteur PID a pour rôle de corriger les erreurs de la vitesse en termes de la stabilité, précision, rapidité et amortissement.

La correction d'une réponse pour un système asservis passe par les trois actions du correcteur PID qui sont :

7.2. Correcteur proportionnel

La figure ci-dessous montre le placement du correcteur proportionnel dans un schéma bloc d'asservissement.

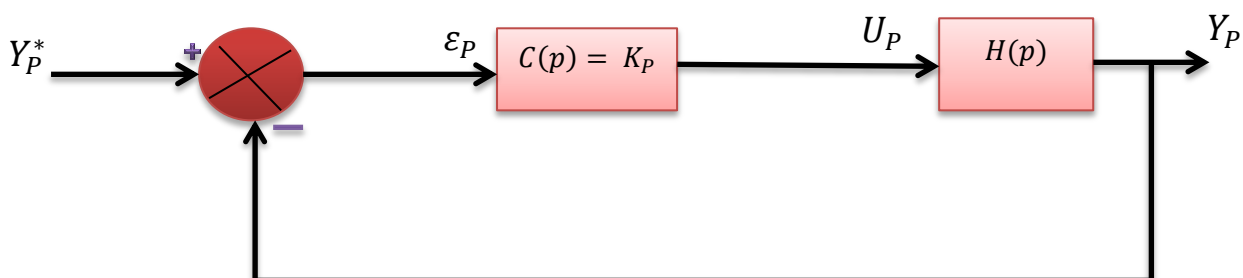


Figure.7.2. Correcteur proportionnel dans une boucle d'asservissement.

Fonction de transfert du correcteur $C(p) = K_p$ avec K_p une constante positive.

Il s'agit d'un correcteur de type translatant

Preuve

Effet sur le Gain

$$|FTBO_C(j\omega)|_{db} = 20 \log(K_p \cdot |FTBO(j\omega)|)$$

$$|FTBO_C(j\omega)|_{db} = 20 \log(K_p) + |FTBO(j\omega)|_{db}$$

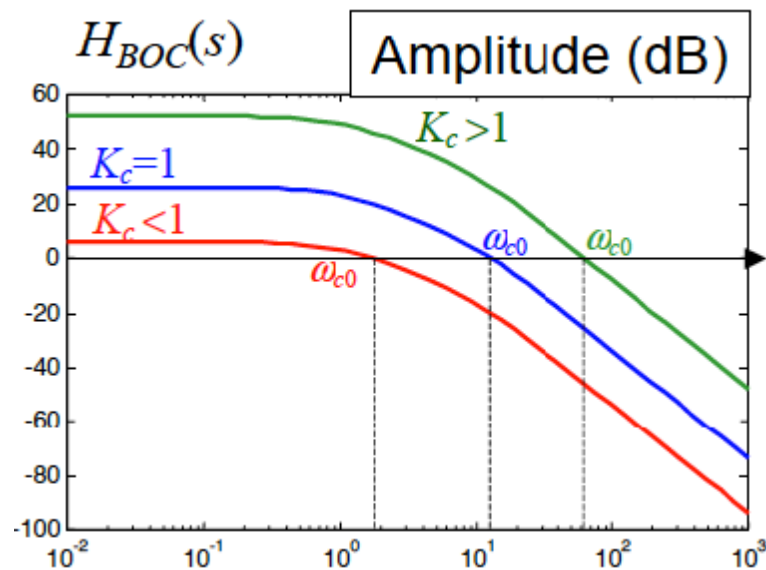
Effet sur la phase

$$\arg(FTBO_C(j\omega)) = \arg(K_p \cdot FTBO(j\omega))$$

$$\arg(FTBO_C(j\omega)) = \arg(K_p) + \arg FTBO(j\omega)$$

$$\arg(FTBO_C(j\omega)) = 0 + \arg FTBO(j\omega)$$

Aucun effet sur la phase



$K_p > 1$ Translation du gain vers le haut

$K_p < 1$ Translation du gain vers le bas

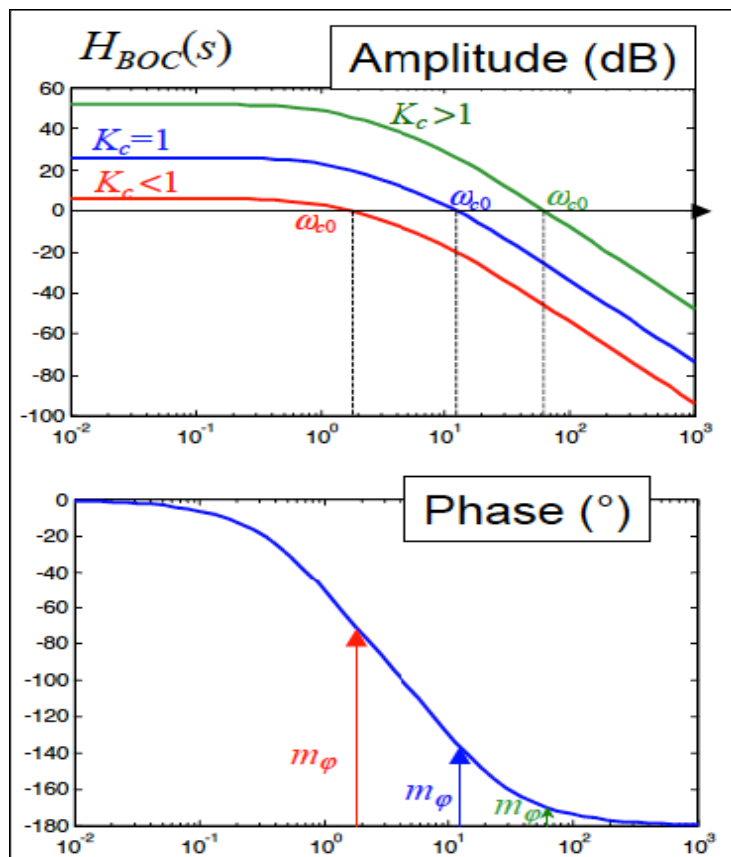
+ Caractéristiques du correcteur proportionnel

++ Accélération de la dynamique du système

-- Diminution de la stabilité $K_p > 1$

-- Impossibilité de régler en même temps des performances de précision et de dynamique

✚ Diminution de la stabilité (illustration)



Plus K_P est grand plus le système est « rapide » et précis, mais plus la marge de phase en BO est réduite.

7.3. Correcteur intégrateur

Le schéma ci-dessous montre le placement du correcteur intégral dans un schéma bloc d'asservissement.

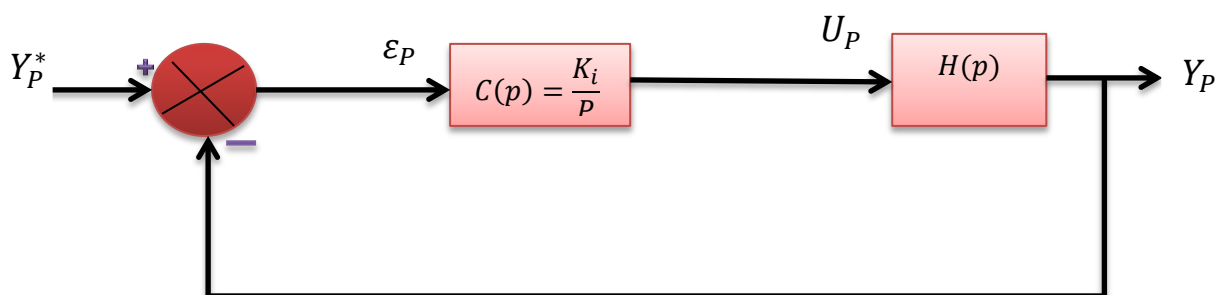


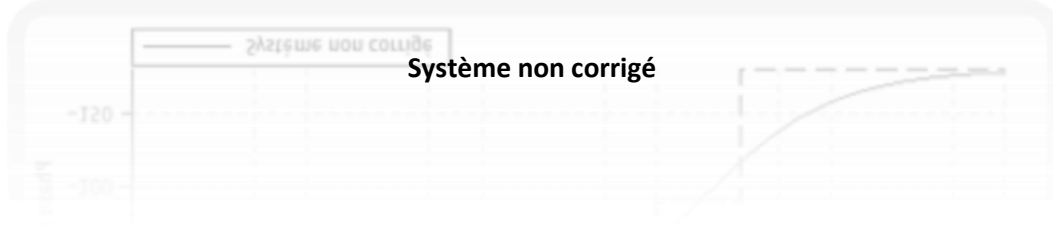
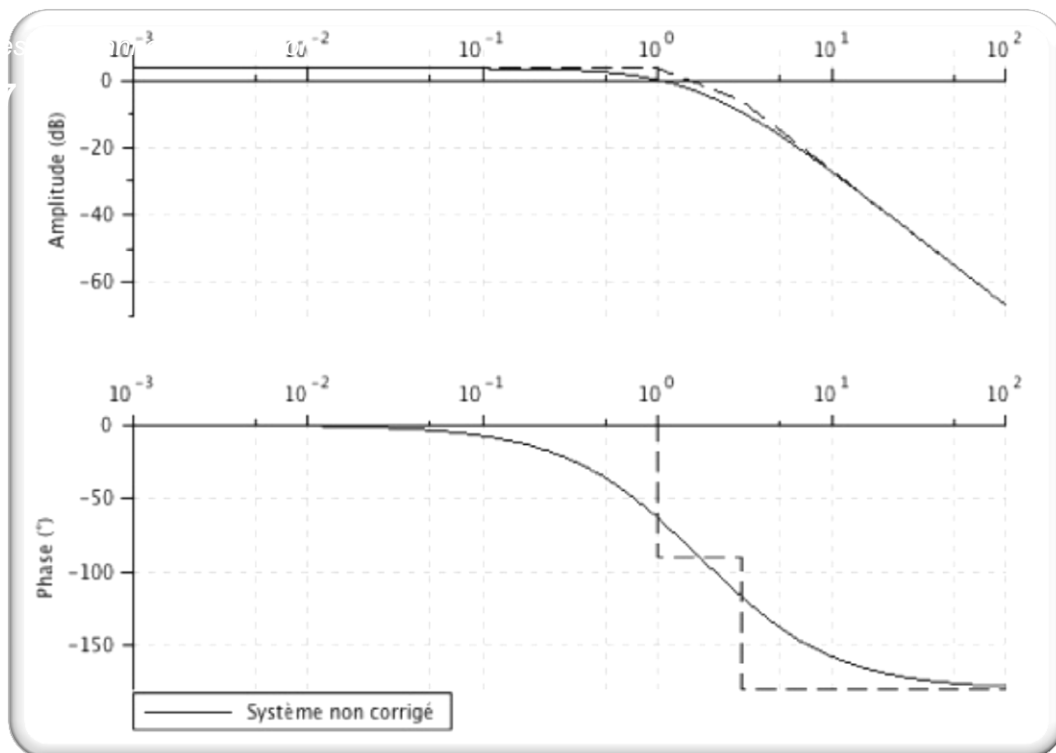
Figure.7.3. Correcteur intégral dans une boucle d'asservissement.

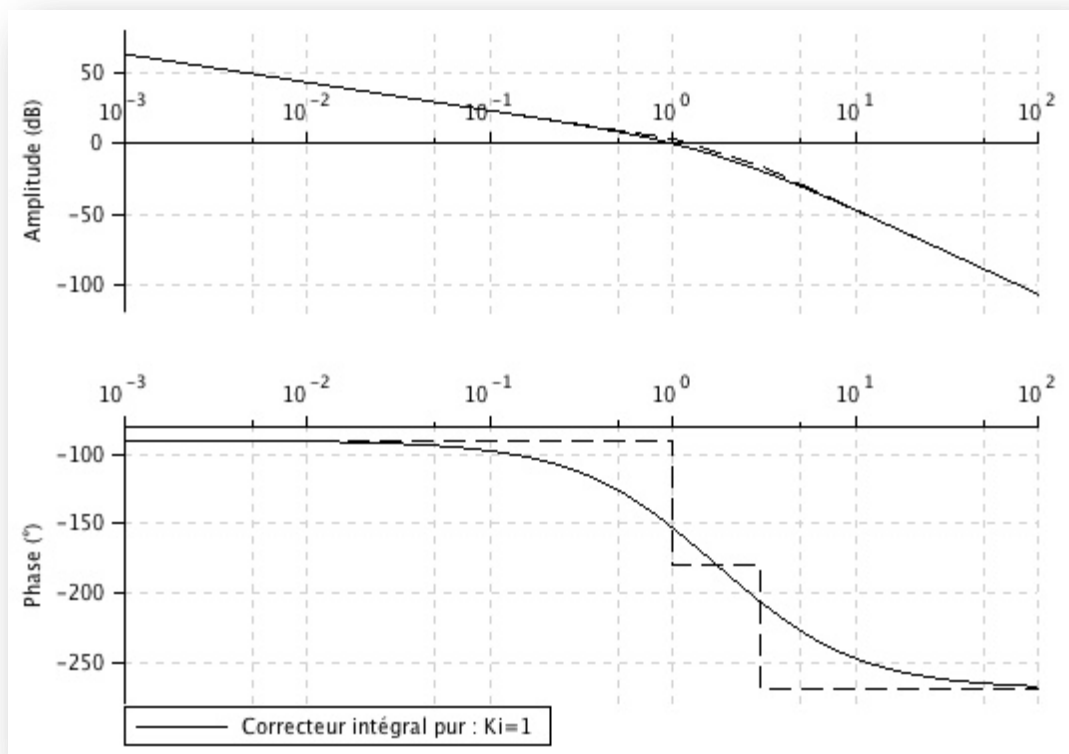
✚ La fonction de transfert du correcteur intégral est $C(p) = \frac{K_i}{p}$

Le gain et la phase de ce correcteur sont respectivement **-20 dB/décade** et **-90°** : ce correcteur décale la phase de **-90°**, et augmente le gain dans les basses fréquences, sa pulsation de coupure étant $\omega_c = K_i$:

$$FTBO_c(p) = C(p)FTBO(p) \Rightarrow G_{dbc} = G_{db} - 20 \log \omega \text{ et } \varphi_c = \varphi - 90^\circ$$

✚ Ce correcteur amplifie donc les basses fréquences, mais diminue les hautes fréquences (supérieures à la pulsation de coupure). L'amplification des basses fréquences a pour conséquence de faire converger le système vers la valeur de consigne, et rend ce système précis.





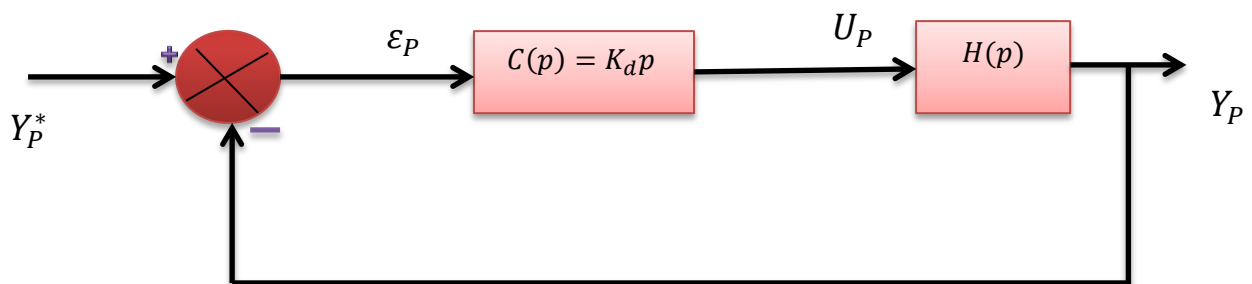
Système corrigé avec intégrateur pur

**En conclusion:**

- Le correcteur intégral rend le système précis, par forte amplification des basses fréquences ;
- précision augmente lorsqu'il n'est pas précis ;
- la stabilité est fortement dégradée ;
- le temps de réponse est fortement augmenté.

7.4. Correcteur dérivateur

Le schéma ci-dessous montre le placement du correcteur dérivateur dans un schéma bloc d'asservissement.

**Figure.7.4.** Correcteur dérivateur dans une boucle d'asservissement.

La fonction de transfert du correcteur proportionnel est $C(p) = K_d p$

$$FTBO_c(p) = C(p)FTBO(p) \Rightarrow G_{dbc} = G_{db} + 20 \log \omega \text{ et } \varphi_c = \varphi + 90^\circ$$

✚ Ce correcteur décale la phase de $+90^\circ$, ce qui contribue de façon significative sur la stabilité.

Il amplifie en revanche les hautes fréquences, dans lesquelles sont localisées les bruits. Ces bruits amplifiés vont dégrader le comportement du système. Par ailleurs, la présence d'un dérivateur annule l'effet d'un intégrateur, et rend ainsi le système moins précis. Ce dernier inconvénient impose l'utilisation conjointe d'un autre correcteur.

7.5. Correcteur proportionnel intégral dérivé PID

Le schéma ci-dessous représente le placement d'un correcteur PID dans un schéma bloc d'asservissement.

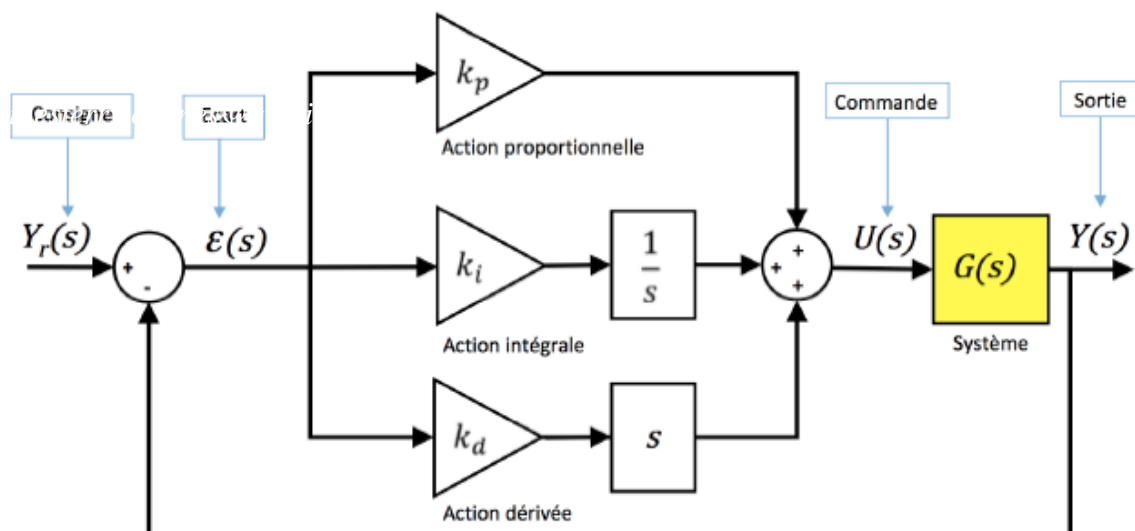


Figure.7.5. Correcteur PID dans une boucle d'asservissement.

D'après la figure.7.5, le correcteur PID est la combinaison des trois actions : proportionnelle, intégrale et dérivée.

✚ La fonction de transfert du régulateur PID est comme suit :

$$K_P + K_i \cdot \frac{1}{S} + K_d \cdot S$$

Avec :

K_P : est le gain proportionnelle

K_i : est le gain intégral

K_d : est le gain dérivé

✚ L'objectif principal du correcteur **PID** est d'améliorer les performances d'un système asservi en calculant les coefficients K_p , K_i et K_d . Ce qui permet une amélioration au niveau de la stabilité, précision et la rapidité.

Références

- [1] <http://asi.insa-rouen.fr/enseignement/siteUV/auto/cours/cours6.pdf>
- [2] http://www.lyc-mistral-avignon.ac-aix-marseille.fr/webphp/tps2i/L2_Spe/Cours/5%20SLCI%20correction/Cours_SLCI_correction.pdf
- [3] https://sciences-indus-cpge.papanicola.info/IMG/pdf/SA7-Correction_des_S-A.pdf
- [4] https://sciences-indus-cpge.papanicola.info/IMG/pdf/mp-correction_des_sa.pdf
- [5] <http://w3.cran.univ-lorraine.fr/perso/hugues.garnier/Enseignement/Auto/F-Auto-Correcteurs.pdf>
- [6] <http://ahistace.chez-alice.fr/documents/6%20Correction%20des%20Systemes.pdf>
- [7] <https://homepages.laas.fr/fgouaisb/donnees/M1ICM/slidesM1ICMp8.pdf>
- [8] http://www.lirmm.fr/~chemori/Temp/Cours/Chapitre_4_Commande.pdf
- [9] http://tsi.ljf.free.fr/ATS/docs/S2I/CI1B/Correction_des_systemes_asservis.pdf
- [10] <https://www.est-usmba.ac.ma/Rabi/PFE/PFE0809.pdf>
- [11] <http://physiquemangin.pagesperso-orange.fr/BTSSE/cours/correcteur>
- [12] http://freddy.mudry.org/public/NotesApplications/NAPidAj_06.pdf
- [13] http://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2017/12/Ghania_Boukerche_Master_2017.pdf