



## TP N° : 02 Etude et synthèse des régulateurs PID dans le domaine fréquentiel

### But de TP

Ce TP a pour but de connaître l'effet des actions d'un régulateur PID dans le domaine fréquentiel. On va utiliser le logiciel Matlab/Simulink pour faire la simulation du régulateur PID.

### 1. Définitions :

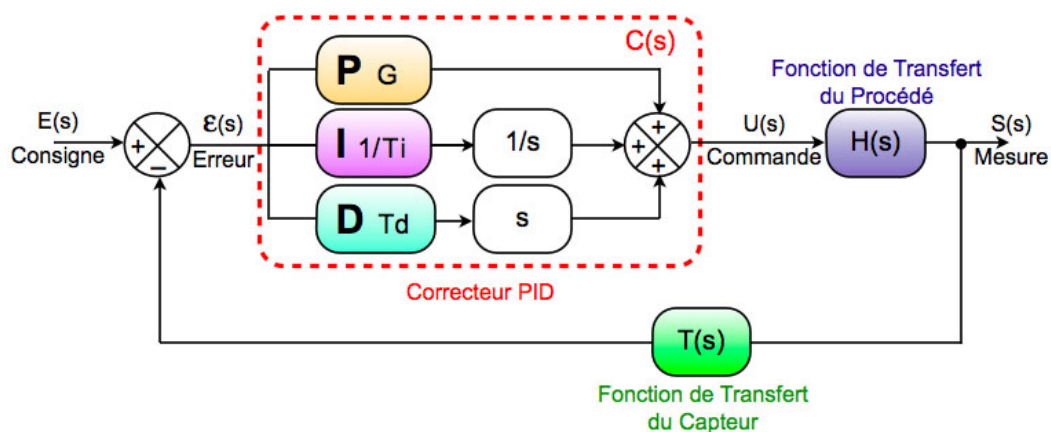
Le régulateur PID, appelé aussi correcteur PID (proportionnel, intégral, dérivé) est un système de contrôle permettant d'améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire un système ou procédé en boucle fermée. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie où ses qualités de correction s'appliquent à de multiples grandeurs physiques.

#### 1-1 Principe général

Un correcteur est un algorithme de calcul qui délivre un signal de commande à partir de la différence entre la consigne et la mesure (l'erreur).

Le correcteur PID agit de trois manières :

- Action proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain  $G$  ;
- Action intégrale : l'erreur est intégrée et divisée par un gain  $T_i$  ;
- Action dérivée : l'erreur est dérivée et multipliée par un gain  $T_d$ .



Le rôle du régulateur est de limiter les variations de la grandeur mesurée, lorsque le système est soumis aux perturbations des grandeurs.

#### 1-2 Analyse fréquentielle des contrôleurs

La synthèse dans le domaine fréquentiel est basée sur la réponse fréquentielle. La méthode est graphique. On peut utiliser les représentations de la réponse fréquentielle courantes (Bode, Nyquist (polaire), Black-Nichols).

La méthode préférée est basée sur le diagramme de Bode. Avant de considérer la synthèse des contrôleurs, il est utile d'analyser leurs propriétés dans le domaine fréquentiel.

Rappelons les propriétés intrinsèques des contrôleurs :

Contrôleurs	Propriétés	Compensateur utilisé
PI	Éliminé l'erreur	Avance de phase : diminue l'erreur
PD	Améliore la stabilité	Retard de phase : Améliore la stabilité
PID	Éliminé l'erreur+ Améliore la stabilité	Avance+ Retard de phase : diminue l'erreur+ Améliore la stabilité

## 2. Commande P.I.D :

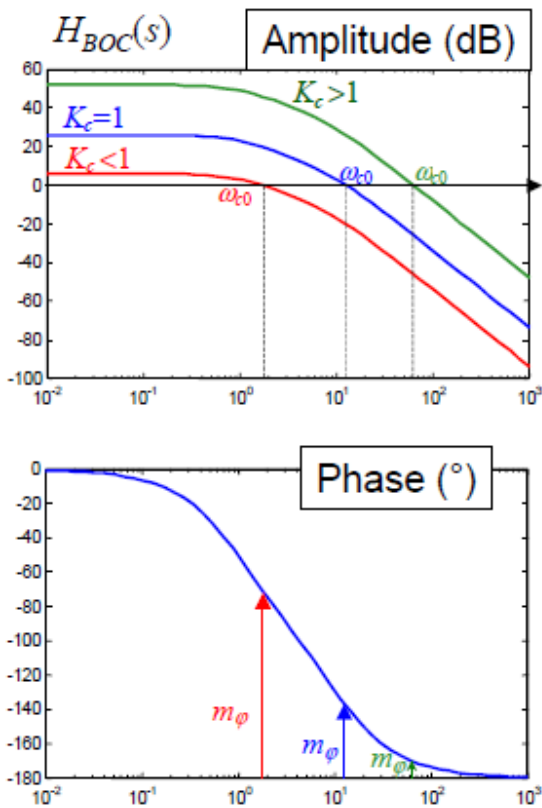
### 2-1 Régulateur proportionnel P

Pour le régulateur proportionnel, l'erreur  $\varepsilon$  sera multipliée par un gain de correction  $K_c$  :

$$C = K_c * \varepsilon ; \text{ avec l'erreur : } \varepsilon = (E - S).$$

La commande  $C$  sera l'entrée du système qu'on veut commander.

#### ➤ Effets du correcteur



#### Si $K_c > 1$

- Translation du diagramme de gain de Bode vers le haut.
- Augmentation de  $\omega_{c0} \Rightarrow$  augmentation de la rapidité.
- Diminution de la marge de phase (dégradation de la stabilité en BF).

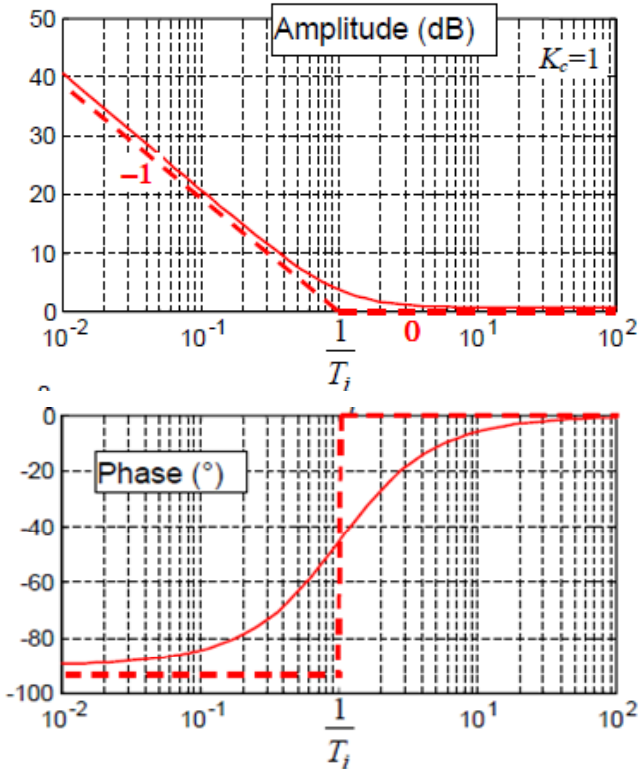
#### Si $K_c < 1$

- Translation du diagramme de gain de Bode vers le bas.
- Diminution de  $\omega_{c0} \Rightarrow$  Diminution de la rapidité.
- Augmentation de la marge de phase (amélioration stabilité).

### 2-2 Régulateur proportionnel-Intégrale PI

Pour annuler l'erreur statique de la réponse en BF avec régulateur proportionnel **P**, nous allons ajouter l'action intégrale **I** :  $C = K_c * \varepsilon + K_i * 1/s$ .

➤ **Effets du correcteur**

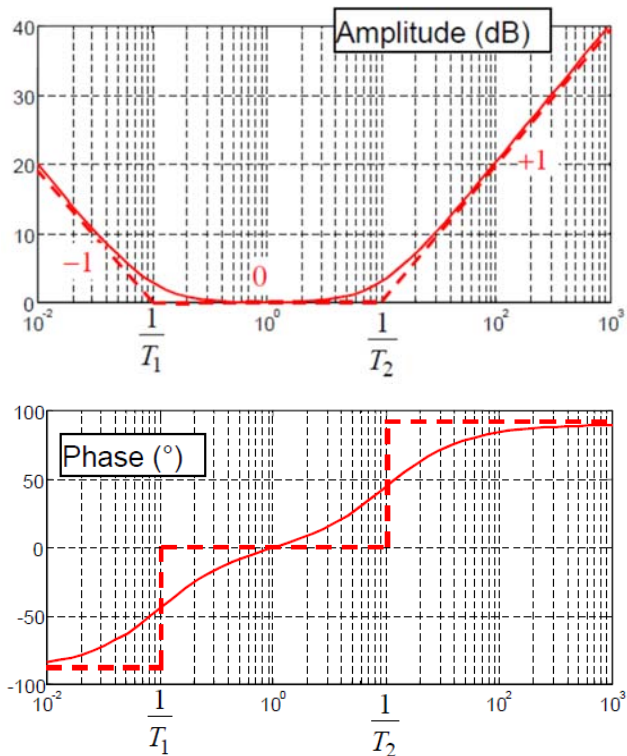


- Introduction d'un intégrateur
- Gain en basses fréquences  
( $\omega_{c0} \ll 1/T_i$ ) infini  $\Rightarrow$  erreur statique nulle.
- Le gain du système corrigé ne sera pas modifié en hautes fréquences si ( $\omega_{c0} \gg 1/T_i$ )  $\Rightarrow$  (rapidité) non modifiée.
- La phase du système corrigé n'est modifiée qu'en basses fréquences (au contraire de I).
- La marge de phase n'est pas modifiée si ( $\omega_{c0} \gg 1/T_i$ ).

**2-3 Régulateur proportionnel-Intégrale-Dérivé PID**

Quand on augmente l'action dérivée  $K_d$ , le système devient plus rapide. La fonction de transfert du régulateur PID est donnée par :  $C = K_c \cdot \varepsilon + K_i \cdot 1/s + K_d \cdot s$ .

➤ **Effets du correcteur**



- Avance de phase en hautes fréquences
- Amplification en hautes fréquences  $\Rightarrow$  Effet PD en hautes fréquences
- Gain infini en basses fréquences
- Retard de phase en basses fréquences  $\Rightarrow$  Effet PD en basses fréquences
- Fréquences moyennes : peu d'influence du correcteur

- **Manipulation**

Avec Logiciel Matlab/Simulink, programmer dans un m-file le système  $G(p)$  donné par la fonction de

transfert du système suivant :  $G(p) = \frac{1}{p^2 + 3p + 1}$  ; en utilisant la commande **tf**.

- Simulé le système en boucle ouverte **BO**.
  - Tracer la réponse du système **G(p)** en utilisant la commande **step**.
  - Que peut on remarquer ?
- Simulé le système en boucle fermée **BF** à retour unitaire **F(p)** avec la commande **feedback**.
  - Tracer la réponse du système.
  - Que peut on remarquer ?
- Insérer un correcteur  $C = K_c * \epsilon + K_i * 1/s + K_d * s$  en utilisant la commande **pid**.
  - Tracer la réponse du système avec le régulateur en boucle fermée **Fc(p)**.
  - Que peut on remarquer ?
  - Tracer le diagramme de bode du système **F(p)** et **Fc(p)**, en utilisant la commande **hold on**.
  - On veut accélérer le système, quel paramètre doit être modifié ?
  - Quelle conclusion pouvez-vous faire sur les performances du régulateur PID et sur réglage des paramètres du PID ?

- **Travail à faire**

Refaire le même travail pour la fonction  $H(p) = \frac{10}{p^2 + p + 1}$ .