

Chapitre 3 : Les régulateurs standards : P, PI, PID

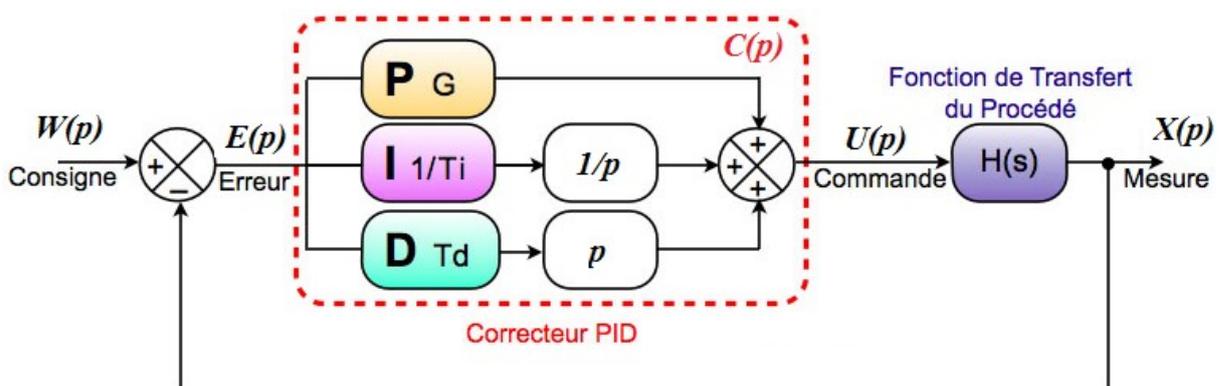
1. Introduction:

Le régulateur PID (proportionnel, intégrateur, dérivateur ou proportionnelle, intégrale, dérivée) est un système de contrôle, permettant d'effectuer une régulation ou un asservissement **en boucle fermée** d'un système industriel ou « procédé ». Ce type de régulateur **est le plus utilisé** dans l'industrie car **il est robuste** et la mise au point des **paramètres de réglage peut être réalisée par des personnes non spécialisées** dans le domaine de l'automatique.

2. Principe général du régulateur PID:

Un correcteur est un algorithme de calcul (un circuit électronique / pneumatique) qui délivre un signal de commande à partir de la différence entre la consigne et la mesure.

La figure suivante montre un exemple d'une boucle de régulation en utilisant un PID :



2.1. Les trois actions :

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 .

2.2. Fonction de transfert des 3 actions :

- Action proportionnelle :

$$U_p(p) = K_p \cdot E(p) \quad \Rightarrow \quad P(p) = K_p$$

- Action intégrale :

$$U_i(p) = \frac{I}{T_i \cdot p} \cdot E(p) \quad \Rightarrow \quad I(p) = \frac{I}{T_i \cdot p}$$

- Action dérivée :

$$U_d(p) = T_d \cdot p \cdot E(p) \quad \Rightarrow \quad D(p) = T_d \cdot p$$

3. Caractéristiques des 3 actions :

3.1. Proportionnelle (P) :

L'action Proportionnelle corrige de manière instantanée, donc rapide, tout écart de la grandeur à régler, elle permet de vaincre les grandes inerties du système. 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 lorsqu'on désire régler un paramètre dont la précision n'est pas importante, exemple : régler le niveau dans un bac de stockage.

3.2. Intégrale (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'instabilité. L'action intégrale est utilisée lorsqu'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.

3.3. Dérivée (D) :

L'action Dérivée, accélère la réponse du système et améliore la stabilité de la boucle, en permettant notamment un amortissement rapide des oscillations dues à

Cours - Régulation Industrielle

l'apparition d'une perturbation ou 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).

3.4. Résumé des actions P, I et D :

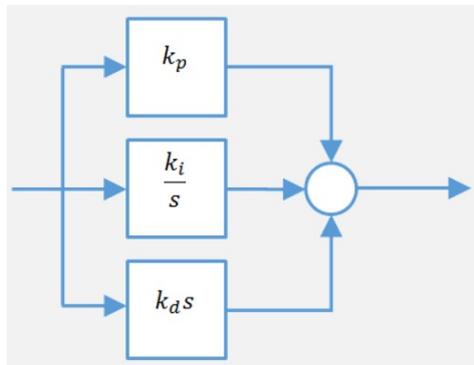
Correcteur	Paramètres	Unité	Influence	Système instable si
Proportionnel	Kp	Gain	Diminue erreur statique Diminue temps de réponse Augmente dépassement Diminue stabilité	Trop élevé
Intégral	1/Ti	Temps : s, min	Annule erreur statique Augmente stabilité	Trop élevé
Dérivé	Td	Temps	Diminue le temps de réponse	Trop faible

3.5. Influence des actions sur les critères des performances :

		Précision	Stabilité	Rapidité
Kp	P	↗	↘	↗
1/Ti	I	↗	↘	↘
Td	D	↘	↗	↗

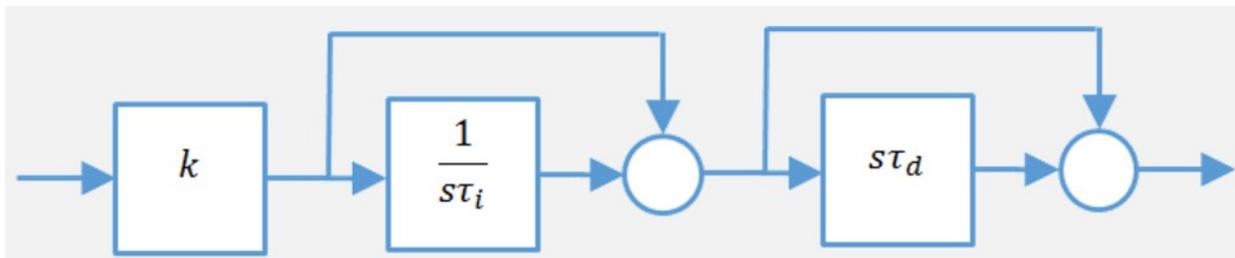
4. Structures de base des PID :

4.1. PID parallèle :



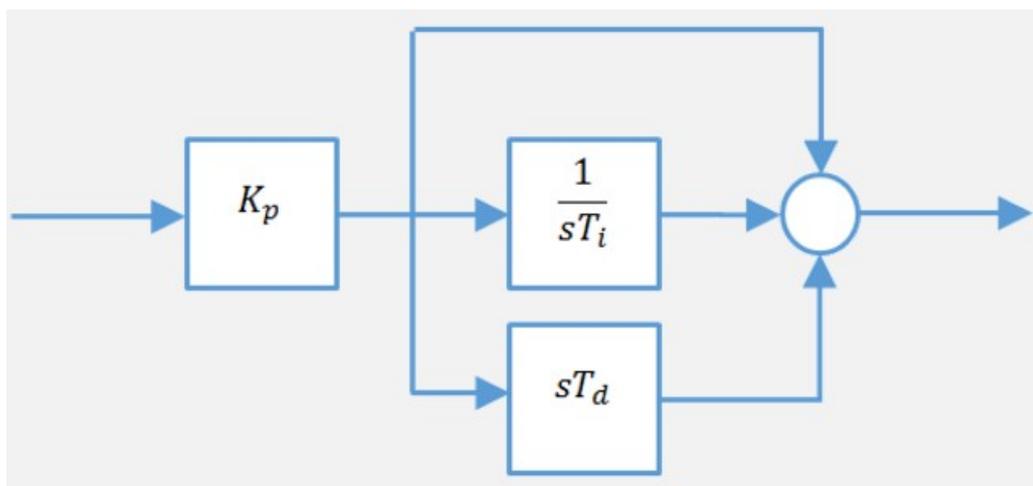
$$C_{\text{parallele}} = K_p + \frac{I}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p = K_p + \frac{K_i}{p} + K_d \cdot p$$

4.2. PID série :



$$C_{\text{Serie}} = k \left(1 + \frac{1}{p\tau_i} \right) \cdot (1 + p\tau_d)$$

4.3. PID mixte :



$$C_{\text{Serie}} = K_p \left(1 + \frac{1}{pT_i} + pT_d \right)$$

4.4. Passage d'une forme à une autre :

Il existe donc trois formes différentes des mises en œuvre des régulateurs PID et ces trois formes sont presque mathématiquement équivalentes.

- La transformation de la forme série en forme parallèle s'obtient par les équations suivantes :

$$k_p = k(1 + \tau_d/\tau_i)$$

$$k_i = k/\tau_i$$

$$k_d = k\tau_d$$

- La transformation de la forme série en forme standard s'obtient par les équations suivantes :

$$K_p = k(1 + \tau_d/\tau_i)$$

$$T_i = \tau_i + \tau_d$$

$$T_d = \tau_d\tau_i/(\tau_d + \tau_i)$$

4.5. La principale différence:

La principale différence entre ces différentes formes concerne l'effet des coefficients de réglage sur le comportement du régulateur. Ainsi la forme parallèle permet de découpler complètement les 3 actions proportionnelle, intégrale et dérivée entre elles. Alors que dans la forme standard, une modification sur la valeur du coefficient K_p va modifier simultanément les actions proportionnelle, intégrale et dérivée.