

# Fiche explicative : Contrôleur PID

## Définition

Un contrôleur PID (Proportionnel-Intégral-Dérivé) est un dispositif de régulation en boucle fermée. Il agit sur l'entrée d'un système de façon à minimiser l'écart entre la sortie réelle et une consigne souhaitée. Le signal de commande généré combine trois actions : proportionnelle (P), intégrale (I), et dérivée (D).

## Formule générale du PID

$$U(t) = K_P \cdot e(t) + K_I \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

où :

- $e(t)$  est l'erreur entre la consigne et la valeur mesurée ;
- $K_P$  est le gain proportionnel ;
- $K_I$  est le gain intégral ;
- $K_D$  est le gain dérivé.

## Composantes du PID

### Action proportionnelle (P)

$$U_P(t) = K_P \cdot e(t)$$

Elle fournit une réponse proportionnelle à l'erreur instantanée. Un  $K_P$  élevé augmente la rapidité mais peut engendrer un dépassement.

### Action intégrale (I)

$$U_I(t) = K_I \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Elle élimine l'erreur statique en accumulant l'erreur sur le temps. Attention à l'effet de saturation et d'instabilité si  $K_I$  est trop grand.

## Action dérivée (D)

$$U_D(t) = K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Elle anticipe les variations d'erreur. Elle améliore la stabilité mais peut amplifier le bruit de mesure.

## Réglage des gains

- $K_P$  : détermine la vitesse de réaction ;
- $K_I$  : élimine l'erreur résiduelle ;
- $K_D$  : améliore l'amortissement et réduit les oscillations.

Le réglage peut se faire empiriquement (essai-erreur), par méthodes classiques (Ziegler-Nichols), ou via des outils de simulation.

## Application : moteur à courant continu

Dans le cas d'un moteur CC, on utilise le PID pour ajuster la tension d'entrée afin de contrôler la vitesse de rotation :

- **Entrée** : vitesse désirée (consigne)
- **Sortie mesurée** : vitesse réelle du moteur
- **Commande** : tension appliquée au moteur

Le contrôleur PID réduit l'erreur de vitesse, améliore la stabilité, et compense les perturbations extérieures.

## Avantages et limites

### Avantages :

- Simplicité de mise en œuvre
- Bonne performance sur une large gamme de systèmes
- Réglage intuitif

### Limites :

- Sensible au bruit (surtout la dérivée)
- Nécessite un réglage précis
- Moins performant sur systèmes très non linéaires