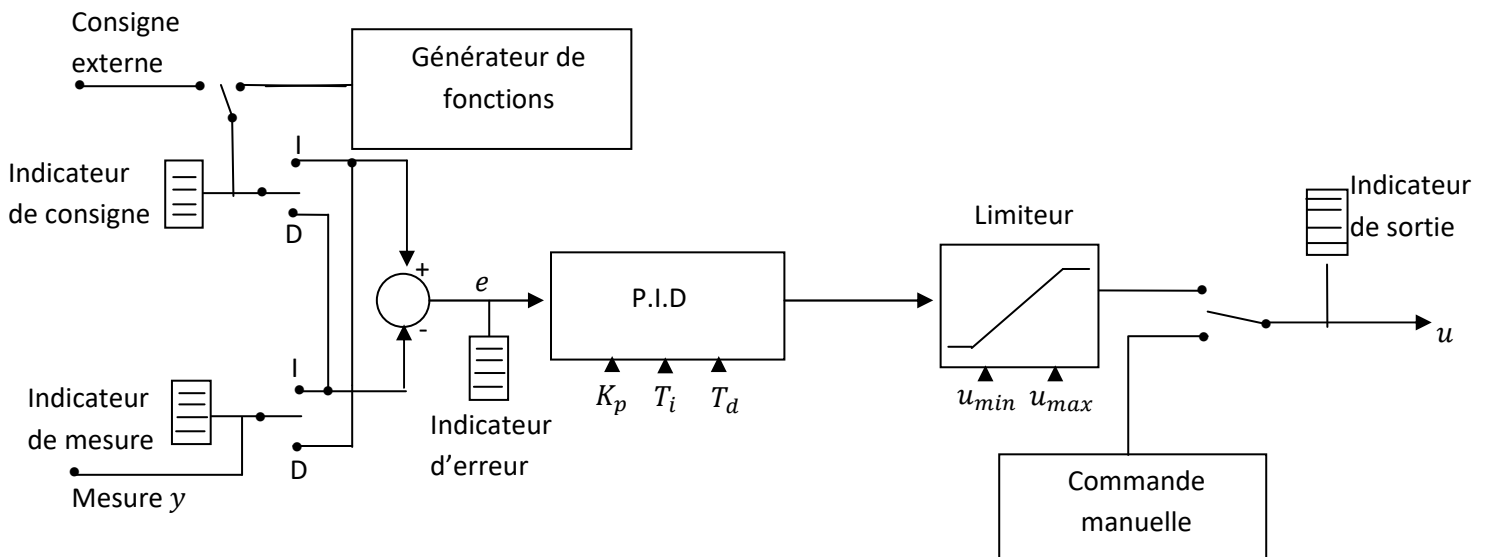


Régulateur standard PID

Un régulateur est un mécanisme automatique qui élabore un signal de commande u en fonction de l'écart $e = r - y$ selon un algorithme mathématique. Parmi les algorithmes de commande existent, on trouve les régulateurs PID qui sont très largement utilisés dans la régulation des systèmes industriels. Les régulateurs PID sont obtenu par l'association de trois actions (**P**roportionnel, **I**ntégral et **D**érivée) qui sont simples à synthétiser et implémenter.

3.1. Constitution d'un régulateur PID industriel



3.2. Différents partie d'un régulateur PID industriel

3.2.1. Les signaux

- y : mesure, elle provient du capteur (image de la grandeur à régler), elle est généralement normalisée $(4 \rightarrow 20)mA$ ou $(0.1 \rightarrow 2)bar$
- r : consigne, c'est la valeur désirer par la grandeur à régler elle provient d'instrument extérieur ou intérieur.
- u : sortie du régulateur, signal de commande qui agit sur l'actionneur qui est normalisé entre $(4 \rightarrow 20)mA$ ou $(0.1 \rightarrow 2)bar$

3.2.2. Les sélecteurs

- Consigne externe ou interne
- Sens d'action d'un régulateur (D→Direct, I→inverse)
- Passage du mode automatique on manuelle.

3.2.3. Les indicateurs

- Indicateur de consigne.
- Indicateur de mesure.
- Indicateur de l'erreur de réglage.
- Indicateur de la sortie du régulateur.

3.2.4. Réglage disponible dans un régulateur PID

- Réglage de la consigne.
- Réglage des actions PID.
- Réglage des limites de la sortie du régulateur pour ne pas endommager l'organe de commande.
- Réglage de la sortie en position manuelle.

3.3. Classification des régulateur PID industriel

Les régulateur PID industriels peuvent être classés selon la nature d'énergie utilisée, selon le sens d'action ou selon le type de l'action de régulateur.

3.3.1. Nature de l'énergie utilisée :

- **Pneumatique** : sortie entre (0.2 et 1)bar
- **Electronique** : sortie entre (4 et 20) mA
- **Numérique** : sortie sous forme numérique.

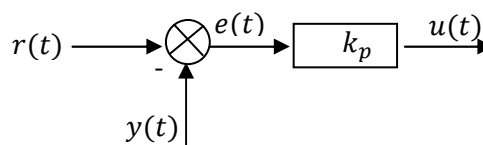
3.3.2. Selon le sens d'action :

Le sens de l'action est choisit en fonction de celui de l'organe de commande.

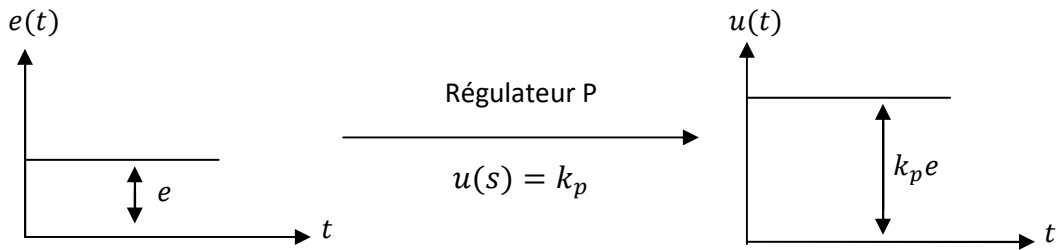
- **R à sens direct** : l'augmentation de mesure provoque l'augmentation de la commande
- **R à sens inverse** : l'augmentation de la mesure provoque la diminution de la commande.

3.3.3. Selon le type d'action :

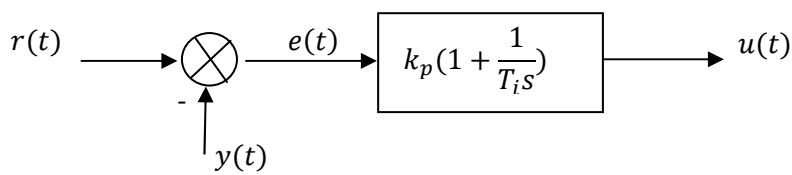
- Régulateur **Proportionnel P**
- Régulateur **Proportionnel et Intégrale PI**
- Régulateur **Proportionnel et Dérivé PD**
- Régulateur **Proportionnel et Intégrale et Dérivé PID**
- ❖ **Régulateur P**



$$u(t) = k_p(r - y) = k_p e \Rightarrow u(s) = k_p e(s) \Rightarrow c(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = k_p$$

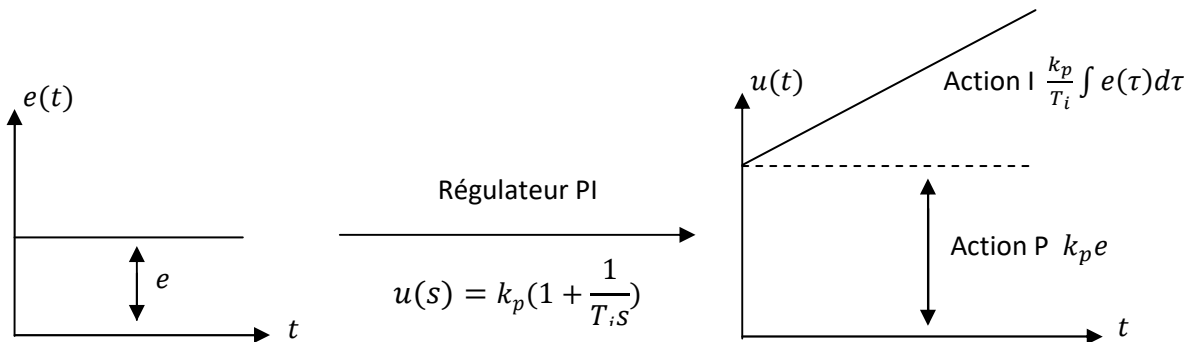


❖ Régulateur PI

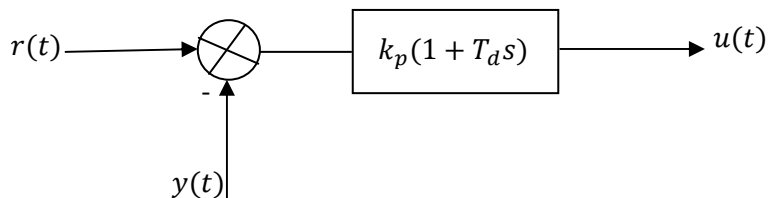


$$u(t) = k_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau) \Rightarrow C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = k_p(1 + \frac{1}{T_i s}).$$

T_i : Constante du temps de l'intégration.

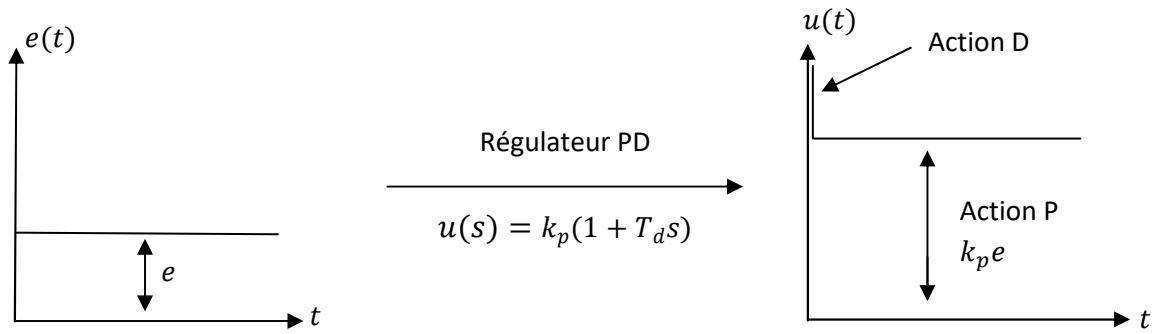


❖ Régulateur PD

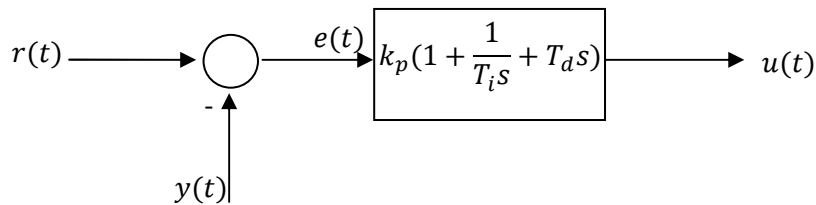


$$u(t) = k_p \left(e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \Rightarrow C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = k_p(1 + T_d s)$$

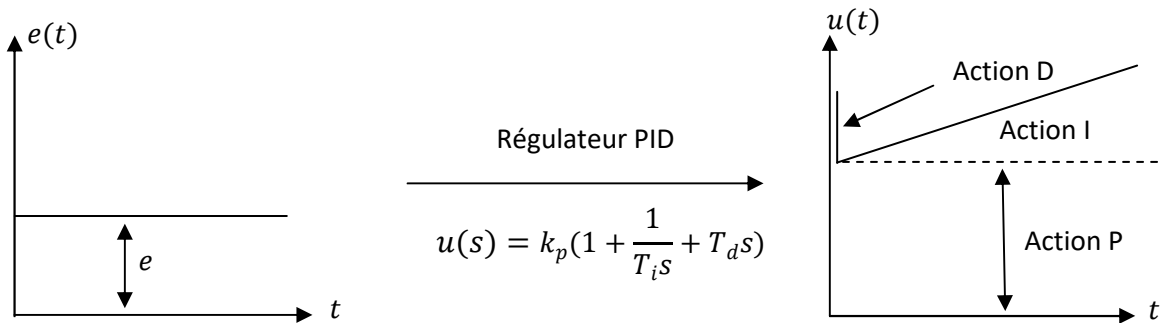
T_D : Constante de temps de la dérivation.



❖ Régulateur PID



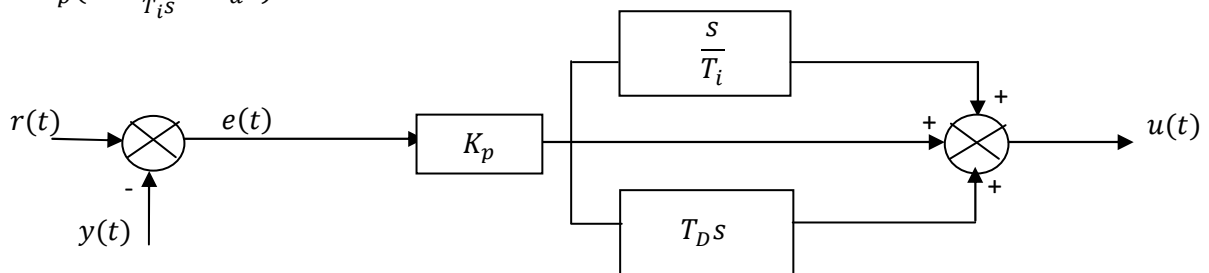
$$u(t) = k_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt}) \Rightarrow C(s) = \frac{u(s)}{e(s)} = k_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_D s)$$



3.4. Structures des régulateur PID

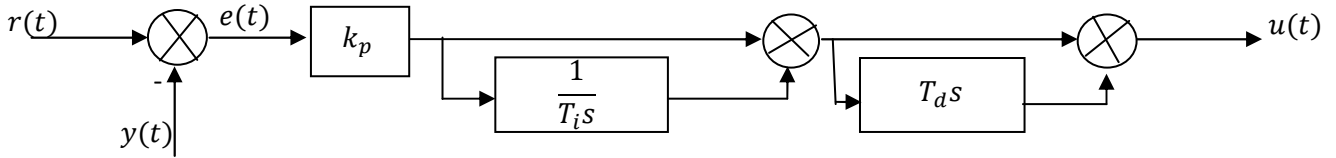
❖ PID de type académique (mixte)

$$C(s) = K_p(1 + \frac{1}{T_{is}} + T_d s)$$



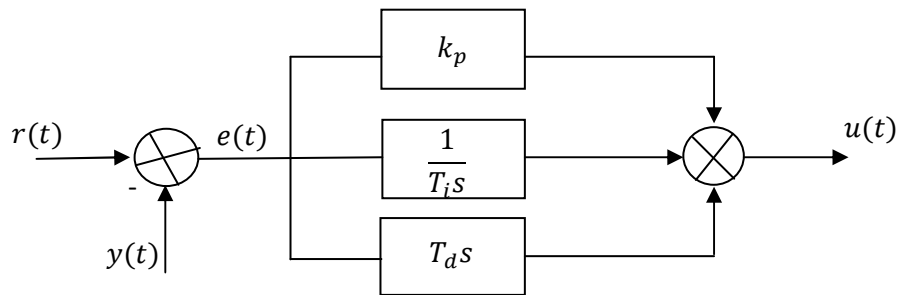
❖ **PID de type produit (série)**

$$C(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) (1 + T_d s)$$



❖ **PID de type Parallèle**

$$C(s) = k_p + \frac{1}{T_i s} + T_d s$$



3.5. Unités utilisés dans le PID

- **Unité du gain**, le gain est généralement exprimé sous la bande proportionnelle BP
 $BP(\%) = \frac{100}{k_p}$.
- **Unité de l'action intégrale**, la constante du temps d'intégration T_i est exprimée en seconds.
- **Unité de l'action dérivative**, la constante du temps de dérivation T_d est exprimée en seconds ou en minutes.