

MEMO -Régulation

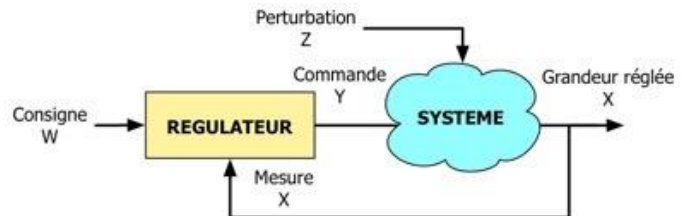
Dans beaucoup de systèmes, il est important de contrôler la valeur d'une grandeur (vitesse d'une voiture, température d'un bain...) : on parle de **régulation**

Dans d'autres cas, il peut être nécessaire de piloter avec précision l'évolution d'une grandeur en fonction d'une consigne préétablie (suivi de trajectoire pour un drone...) : on parle d'**asservissement**.

Principe de fonctionnement

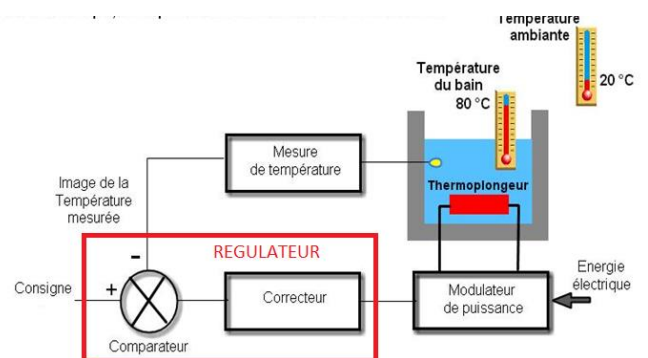
Pour réguler un système, il faut :

- Avoir **une consigne W** qui correspond à la valeur que doit prendre la grandeur réglée.
- **Mesurer** la grandeur réglée X avec un **capteur**.
- **Comparer** la mesure de X de la grandeur réglée avec la consigne W et **élaborer** alors le signal de commande Y : c'est la fonction du **régulateur** (un comparateur et un correcteur)
- **Le système** comprend un pré-actionneur (variateur, gradateur...) qui à partir de la commande Y élabore une grandeur réglante (fréquence, tension...). Cette grandeur réglante pilote l'actionneur (moteur, résistance...) qui influe alors sur la grandeur réglée.



Exemple sur une régulation de température d'un bain

*On souhaite maintenir le bain à une température donnée.
Il a tendance à refroidir, donc il faut maintenir une chauffe d'entretien en fonction du refroidissement*



Système : Un Pré-actionneur, ici un gradateur (un modulateur de puissance) modifie la grandeur réglante : la puissance électrique ; l'Actionneur est une résistance de chauffe (thermoplongeur)

Grandeur réglée X : la température de l'eau

Commande Y: une tension 0-10 V ou un courant 4-20 mA

Le capteur est une sonde de température (PT 100 ?) avec éventuellement un convertisseur.

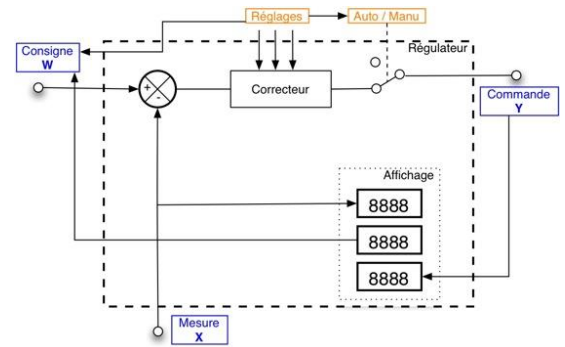
On mesure donc la température en temps réel, que l'on compare à une consigne de température voulue. Si on est trop bas, on réagit sur l'organe de chauffe en augmentant sa puissance. Si on est trop haut, on ne chauffe plus...

MEMO -Régulation

Les régulateurs

Le régulateur permet :

- **De comparer** la consigne W à la mesure de la grandeur réglée X .
- **D'agir sur la grandeur réglante** grâce à la commande Y
- D'effectuer **les réglages grâce au correcteur** (P, PI ou PID). Ces réglages ont pour but d'améliorer les performances de l'asservissement.



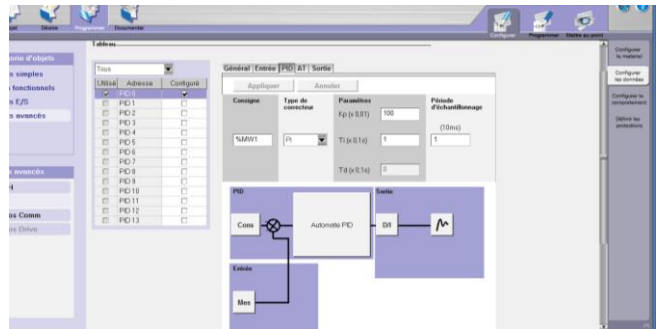
Types de régulateurs :

Selon le système et le type de régulation, on peut choisir d'employer :

- Un régulateur industriel : dispositif autonome
- Un régulateur embarqué dans un API
- Un régulateur embarqué dans un variateur.



Régulateur autonome industriel



Régulateur API

Action continue et action discontinue

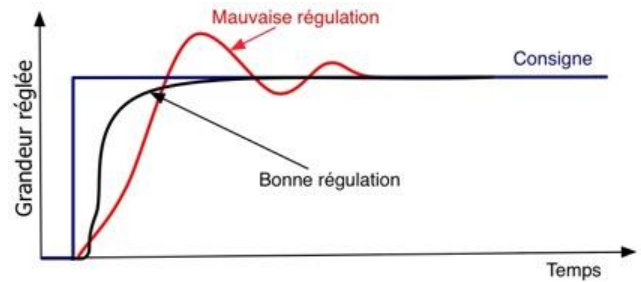
On peut séparer le fonctionnement d'un régulateur en deux types d'actions :

- Une action en **Tout Ou Rien** (discontinue), dans laquelle la sortie Y du régulateur ne prend que deux valeurs 0% et 100% (thermostat sur la régulation de température domestique). Cette régulation est très simple mais peu performante.
- Une action continue (analogique) avec une sortie du régulateur qui peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0% et 100%. Les performances (rapidité, précisions, stabilités) peuvent être optimisées grâce aux réglages du correcteur.

MEMO -Régulation

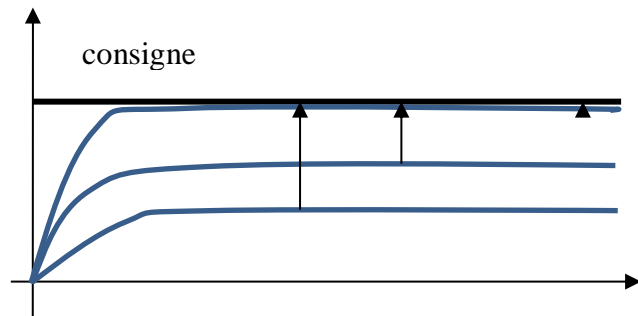
Critères de qualité et réglages :

On reconnaît **un bon réglage du régulateur** par sa capacité à faire fonctionner le système de manière optimale, en atteignant rapidement la valeur souhaitée et sans entraîner de dépassement de la consigne. Les critères de performances permettant d'optimiser le fonctionnement sont : **rapidité, stabilité, précision.**



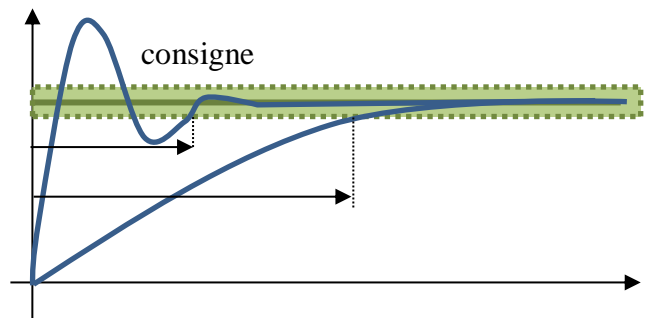
1- Précision :

La **Précision** d'un asservissement est sa capacité à atteindre en régime permanent la consigne souhaitée. S'il y a un écart, on parle d'erreur statique.



2- Rapidité (temps de réponse) :

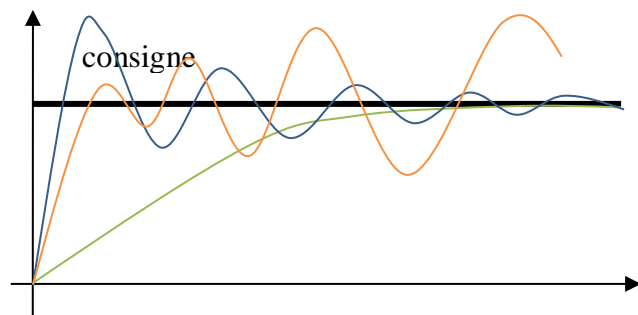
La **Rapidité** d'un asservissement est le temps mis pour la grandeur régiee pour se stabiliser à $\pm 5\%$ de sa valeur en régime permanent.



Note : on peut voir qu'un système très réactif (pente élevée) n'est pas forcément le plus rapide

3- Stabilité :

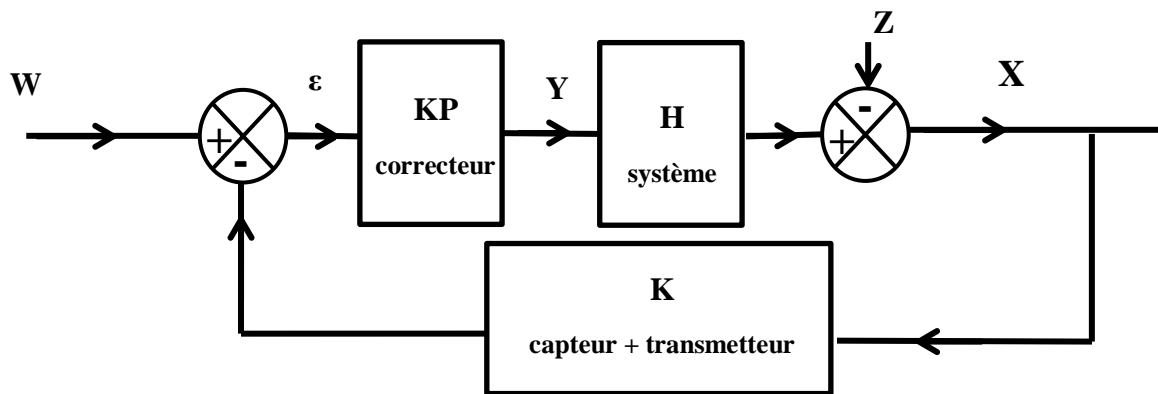
La **Stabilité** d'un asservissement est son aptitude à atteindre sa consigne sans la dépasser.



Le premier dépassement permet de qualifier la stabilité d'un système. Plus celui-ci sera important, plus le système sera proche de l'instabilité.

MEMO -Régulation

Paramètres correctifs PID du régulateur



En régime stabilisé, la précision est parfaite si la sortie est parfaitement proportionnelle à la consigne, c'est-à-dire $W = K.X$ et cela quelque-soit la perturbation Z . Cela implique $\varepsilon = 0$.

ε (l'erreur statique) est l'écart entre ce que l'on a en sortie (sa mesure) et la consigne.

A- CORRECTEUR PROPORTIONNEL : P

Ce correcteur est un amplificateur avec un coefficient constant. On parle de gain proportionnel (KP) (Attention, en GE on utilise aussi la notion de bande proportionnelle $XP = 100/KP$)

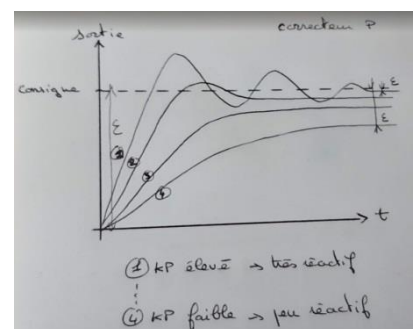
Le correcteur P élabore une commande Y du process proportionnelle à l'erreur ε . On va avoir $Y = KP. \varepsilon$

Quand la grandeur réglée est stable (X fixe), on a un Y non nul et fixe lui aussi. Or si Y est non nul, cela impose que l'erreur statique ε soit forcément non nulle (car $Y = KP. \varepsilon$)

- ε est forcément différent de 0, **on ne peut pas avoir une précision parfaite** avec un correcteur Proportionnel seul. Plus KP est gros, plus on impose un ε final faible. **Pour être précis, il faut un gros gain proportionnel KP** (soit une bande proportionnelle XP faible)

Pour le transitoire, on multiplie l'erreur pour réagir. **Plus le gain proportionnel est élevé, plus on réagit fortement, donc plus on est réactif !**

- Un KP faible donne un système lent et présentant une erreur statique finale forte. Donc on est lent et peu précis.
- Un KP élevé donne une précision bien meilleure (mais qui reste non nulle), mais la réactivité forte peut être un souci : dépassements, oscillations, accélération trop brusque.



Un compromis est souvent pris pour avoir une précision satisfaisante et un temps de réponse court.

Attention : réactivité n'est pas forcément synonyme de rapidité ! La rapidité est quand on se stabilise à 5% près de la valeur finale !

MEMO -Régulation

B- CORRECTEUR INTEGRAL : I

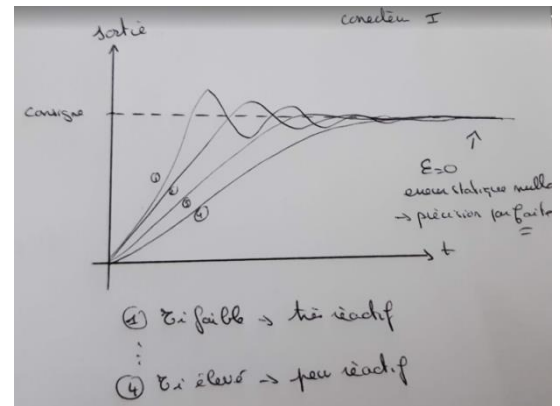
Le correcteur est un intégrateur. On règle son temps d'intégration τ_i

Le correcteur intégral élabore une commande Y du système **qui intègre l'erreur ε** :

Si $\varepsilon > 0$, alors Y augmente et donc X et si $\varepsilon < 0$, alors Y diminue.

Si la sortie X est stabilisée, Y est donc constant, cela impose forcément coup un $\varepsilon = 0$!

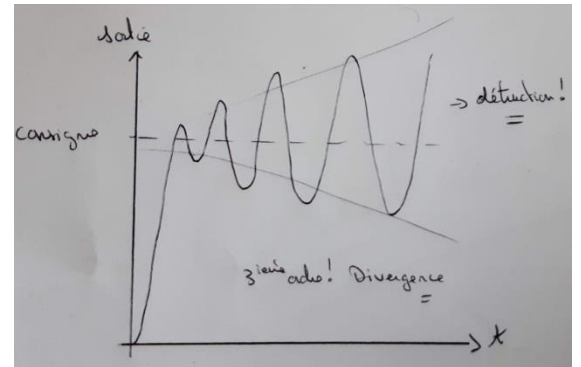
- On a donc, dès que l'on a un correcteur intégral, **une précision parfaite** !
- La valeur de τ_i influent sur la pente de l'augmentation ou de la diminution de Y, donc sur la réactivité. Plus τ_i est faible, plus la réactivité est forte avec risques d'oscillations fortes...



ATTENTION

Mettre un correcteur intégral augmente l'ordre d'un système. Un système de 1^{er} ordre devient de 2nd ordre avec le correcteur : on a un risque d'avoir un m trop faible si τ_i est faible, et donc d'avoir des oscillations.

Pire, si le système est déjà de 2nd ordre, on devient de 3^{ème} ordre, avec une réponse qui peut devenir divergente : la sortie peut s'amplifier et on arrive à une casse du process.



Note : on n'a jamais de correcteur intégrateur seul

C- CORRECTEUR PROPORTIONNEL ET INTEGRAL : PI

C'est le correcteur **le plus courant** : on associe proportionnel et intégral

- La correction intégrale sert à obtenir une précision parfaite. On choisit un τ_i de manière à ne pas être trop lent, mais sans avoir d'oscillations.
- Le correcteur P sera ajusté pour optimiser le temps de réponse $tr_{5\%}$

MEMO -Régulation

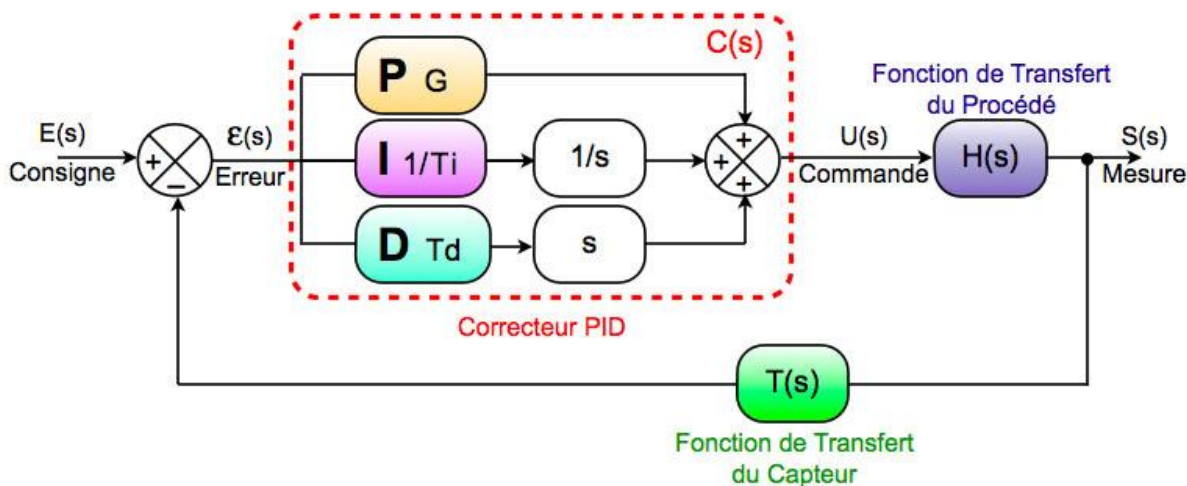
D- LE CORRECTEUR PROPORTIONNEL, INTEGRAL ET DERIVE : PID

Quand le process est très réactif, et qu'avec un PI on n'arrive pas à éviter les oscillations ou les divergences, on installe un correcteur dérivé. Ce correcteur va diminuer l'ordre d'un système et donc le rendre plus calme !

→ **Le dérivé a donc un effet stabilisateur.** On ajuste son τ_d pour régler le temps de réponse également.

BILAN :

Les réglages des correcteurs d'un régulateur servent à optimiser la qualité de la régulation désirée.



- | | |
|----------|--|
| P | → pour ajuster le temps de réponse et donc la rapidité |
| I | → pour avoir une précision parfaite |
| D | → pour stabiliser le système si nécessaire |