

## 1: Introduction à la régulation

-Dans un dispositif technique, le procédé de régulation a pour rôle d'amener une grandeur physique à prendre une valeur fixée à l'avance et de l'y maintenir.

Cette grandeur physique s'appelle : **grandeur réglée** ou **mesure**

elle peut être de nature très variable. Il peut s'agir par exemple:

- de grandeurs électriques: tension, courant, puissance, etc...
- de grandeurs mécaniques ou hydrauliques: pression, nombre de tours/min,débit, niveau, etc...
- de grandeurs thermiques: température, quantité de chaleur etc...
- de toute autre grandeur physique.

la valeur fixée à l'avance, à laquelle la régulation doit amener la grandeur réglée, s'appelle

### **consigne de régulation**

Dans une régulation, on mesure d'une manière continue la grandeur réglée et on la compare à la consigne de régulation. Dès qu'on détecte un écart entre elles, on produit dans le système une modification appropriée, qui doit ramener la grandeur réglée en accord avec la consigne de régulation. La grandeur subissant cette modification s'appelle :

### **grandeur réglante**

Ce peut être une grandeur physique quelconque, par exemple la position d'ouverture d'une vanne, rangé de conduction des thyristors d'une unité de puissance, le rapport cyclique d'enclenchement d'un contacteur. Il faut néanmoins choisir, comme grandeur réglante dans un système, une grandeur telle que sa variation agisse directement sur la valeur réglée. Dans la régulation, on distingue deux notions:

#### **1.1 : Régulation manuelle ( commande manuelle )**

La modification sur la grandeur réglante peut être effectuée par un opérateur observant continuellement la grandeur réglée en modifiant en conséquence la grandeur réglante. Dans ce cas, on est en présence d'une **commande manuelle** Tel est, par exemple le cas dans la conduite d'un bateau ou d'une automobile.

#### **1.2 Régulation automatique ( commande automatique )**

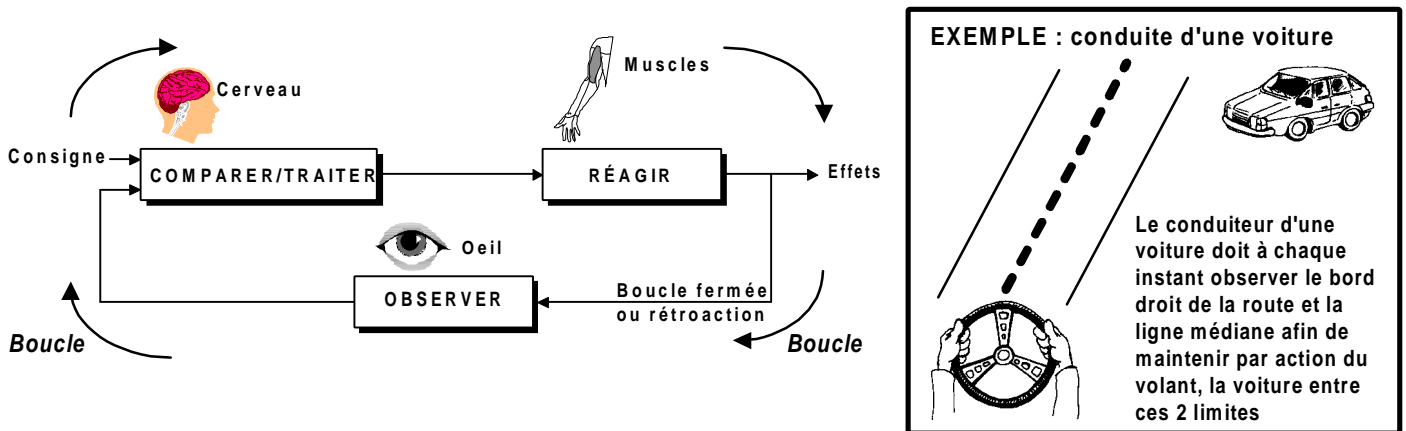
Dans ce cas, la mesure de la grandeur réglée et la modification de la grandeur réglante s'effectuent automatiquement au moyen d'appareils appelés **Régulateurs** dans lesquels est implanté une loi de commande (algorithmique) . En régulation automatique Il n'y a donc pas d'intervention d'un opérateur humain.

Dans la suite de ce cours, nous étudierons la régulation automatique que nous appellerons tout simplement :

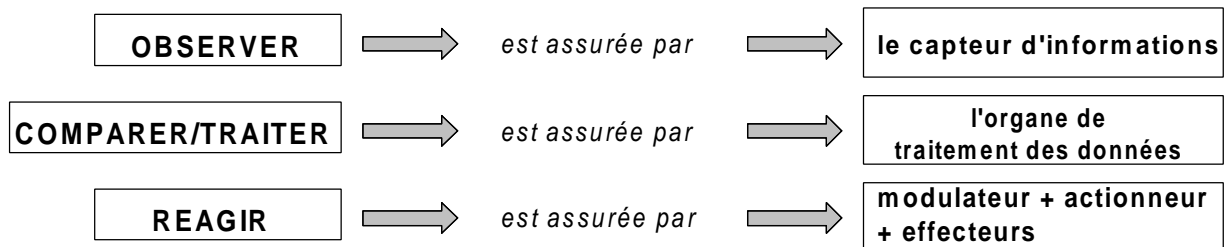
**" régulation "**

## 2: Analyse des activités dans une chaîne de régulation

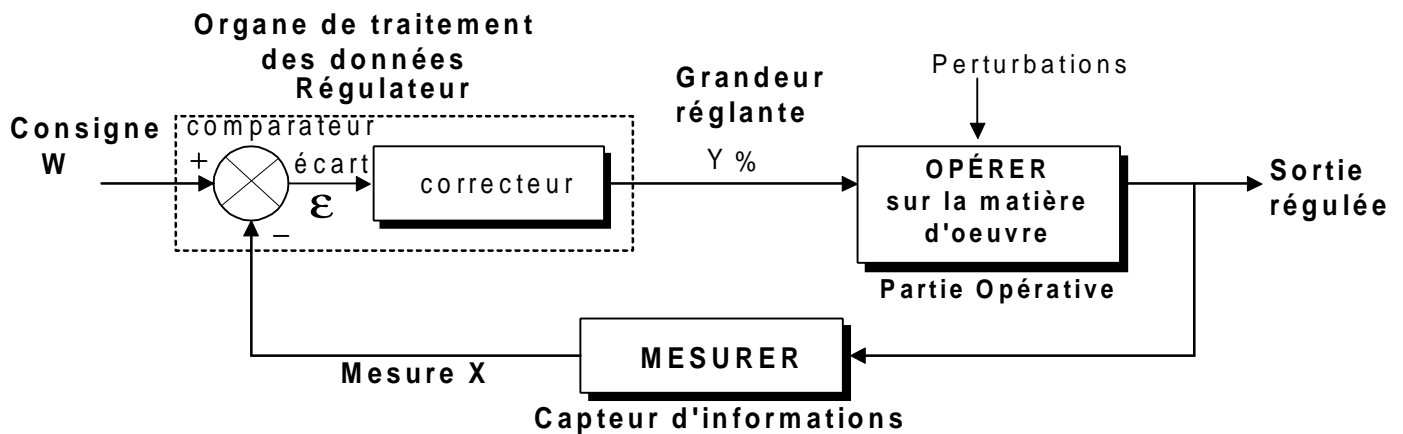
Par analogie avec l'homme, une chaîne de régulation peut être analysée selon la figure suivante :



Dans une régulation automatique, chaque fonction est assurée par des organes suivants :



Le schéma de la régulation devient alors :



$$\text{écart } \epsilon = \text{consigne} - \text{mesure}$$

**W** : Consigne de régulation

**X** : Grandeur réglée (mesure)

**ε** : écart mesure/consigne (= W - X )

**Y** : Grandeur réglante (niveau de sortie du régulateur).

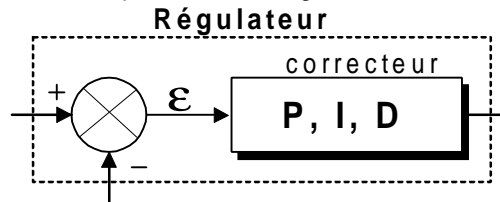
**Y=f(ε,t)** : Algorithme (loi de commande)

### 3 Régulateur .

Le régulateur, inséré dans une chaîne de commande, impose, en contrainte d'exploitation au sous système de modulation d'énergie une grandeur réglante selon une loi de commande couramment appelée **algorithme**

La plupart des régulateurs de marques différentes comportent un algorithme identique, désigné par "PID".

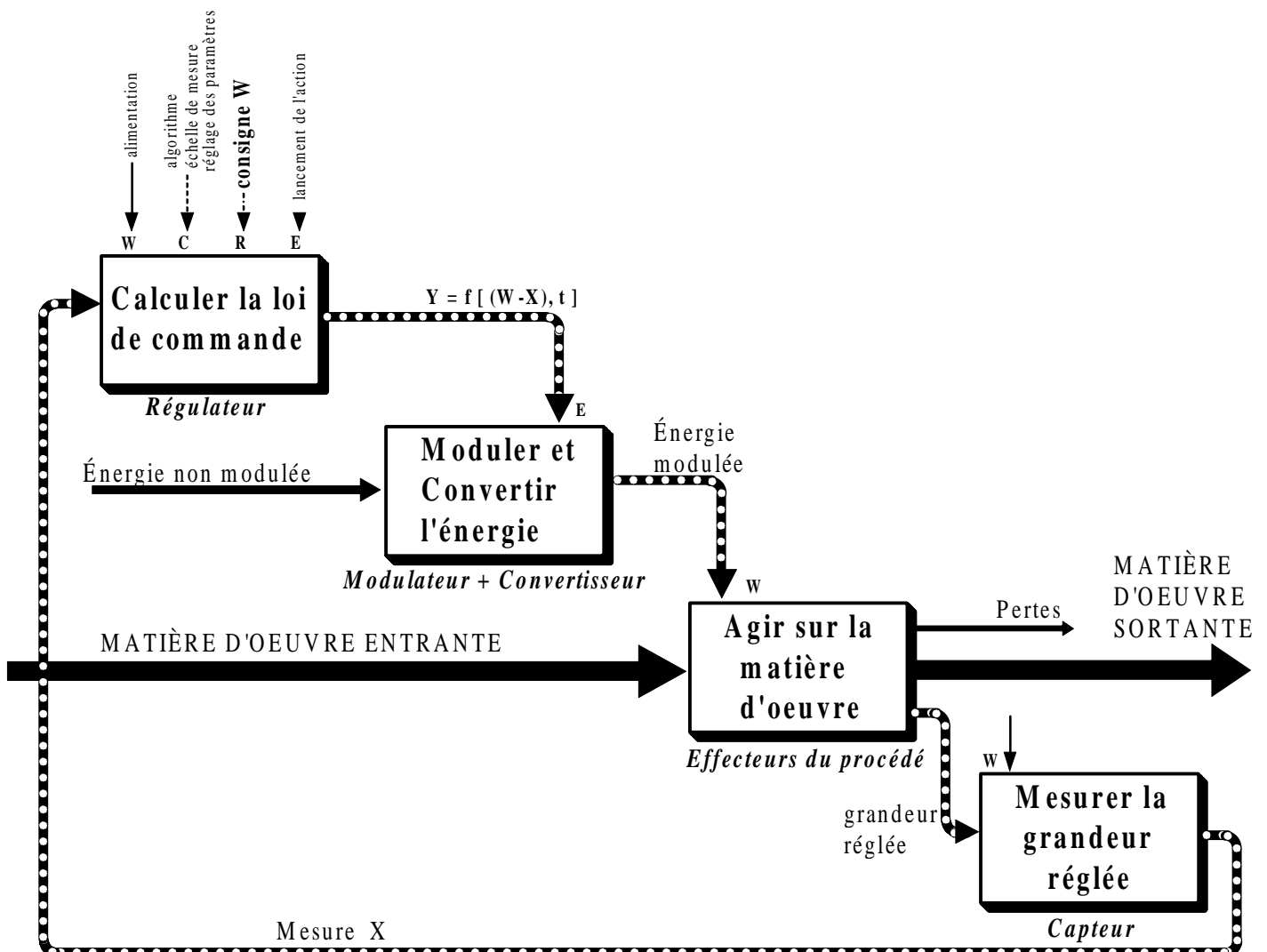
- P : Action proportionnelle
- I : Action intégrale
- D : Action dérivée
- P.I.D. sont des modules d'action



L'adaptation d'un régulateur aux différents systèmes s'effectue par le réglage des coefficients (paramètres) de l'algorithme:

- Paramètre  $X_p$  pour le réglage de l'action proportionnelle
- Paramètre  $T_i$  pour le réglage de l'action intégrale
- Paramètre  $T_d$  pour le réglage de l'action dérivée

#### APPROCHE FONCTIONNELLE SIMPLIFIÉE DU PROCÈDE DE RÉGULATION :



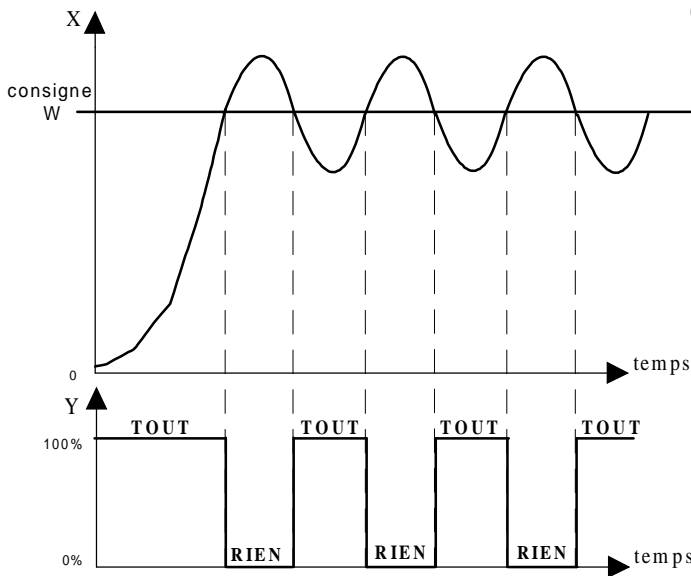
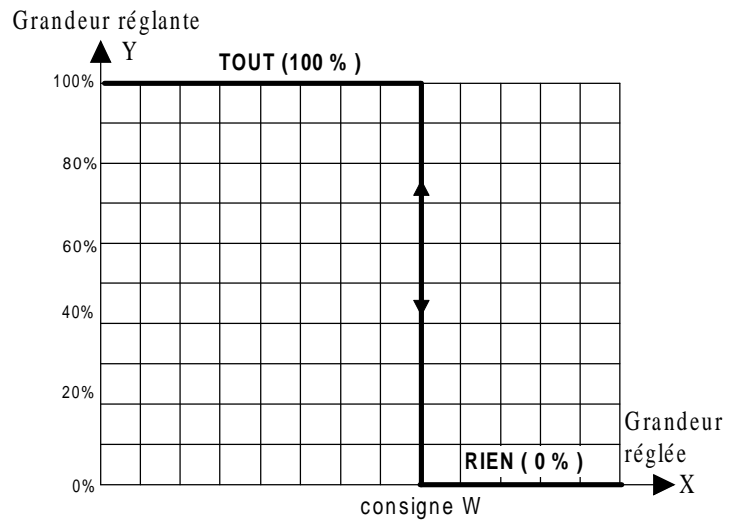
**3.1.-REGULATION "TOUT OU RIEN "**

Dans ce cas, le régulateur commande le système en instantané (TOUT ou RIEN ) c'est à dire:

$$Y = 100 \% \quad \text{si } X < W$$

$$Y = 0 \% \quad \text{si } X > W$$

La Sortie régulation ne prendra aucune valeur intermédiaire.  
 La réponse du système présentera, autour du point de consigne, des oscillations entretenues dues au temps mort du système ( inertie ).



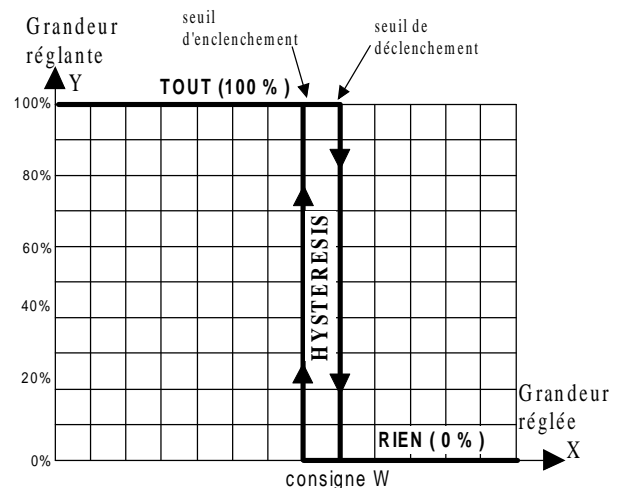
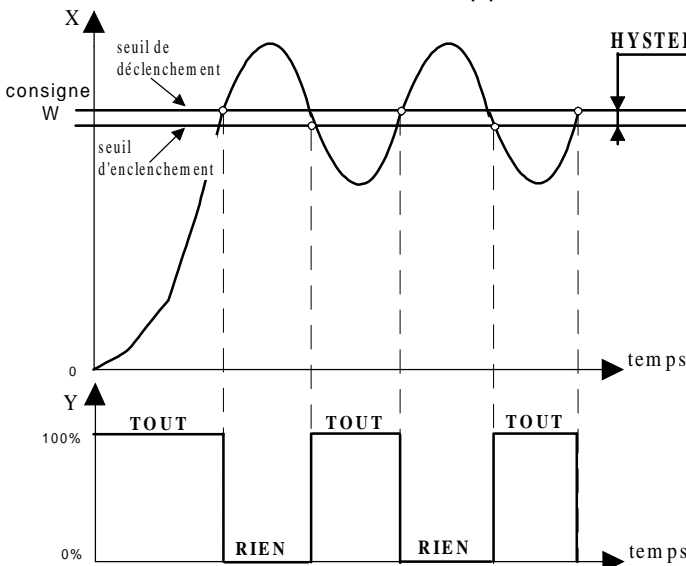
Tant que la valeur de la mesure X est inférieure à la consigne W , la commande Y est de 100 % ( TOUT ). Dès que la mesure X atteint et dépasse la consigne W , la commande Y est de 0 % ( RIEN ).

Dans la réalité, afin de diminuer le phénomène de battement à l'approche de la valeur de consigne, on introduit un deuxième seuil.

La valeur de consigne W permettant d'arrêter la commande ( RIEN : Y = 0% )

La valeur du deuxième seuil permettant de remettre en marche la commande ( TOUT : Y = 100% )

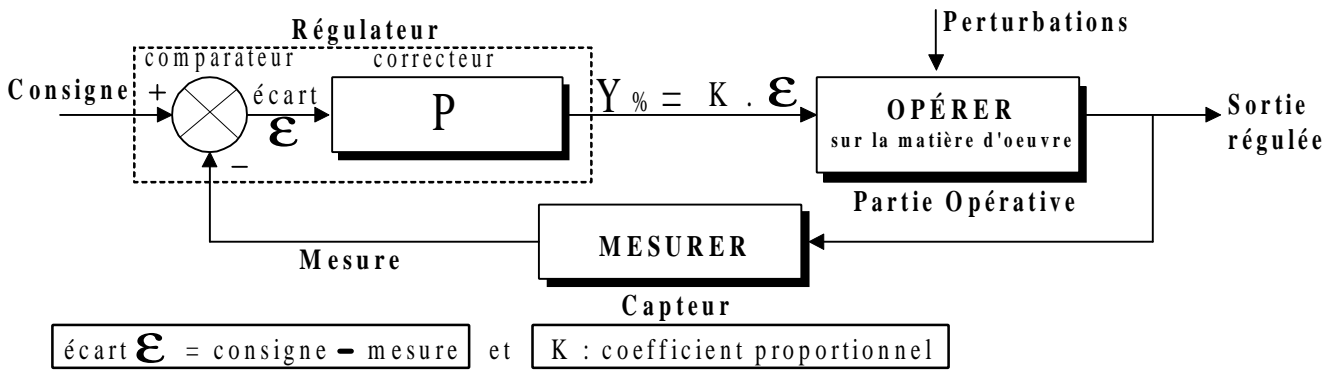
l'écart entre ces deux valeurs s'appelle l' HYSERESIS .



3.2 RÉGULATION PROPORTIONNELLE

L'action proportionnelle est une fonction qui fait varier le signal de sortie du régulateur  $Y\%$  = grandeur réglante) proportionnellement à l'écart entre la mesure et la consigne. Le coefficient de proportionnalité, appelé gain du régulateur, est obtenu par le réglage du paramètre  $X_p$  du régulateur.

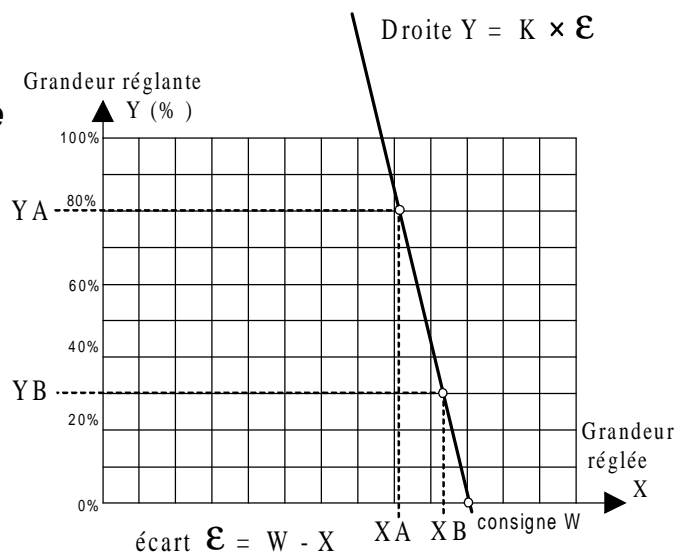
L'équation de l'action proportionnelle est sous la forme:  $Y\% = K \times \epsilon$  avec  $K = \frac{100}{B_p}$



**La commande Y est Proportionnelle à l'écart entre la consigne et la mesure**

**le coefficient de proportionnalité K s'appelle le GAIN**

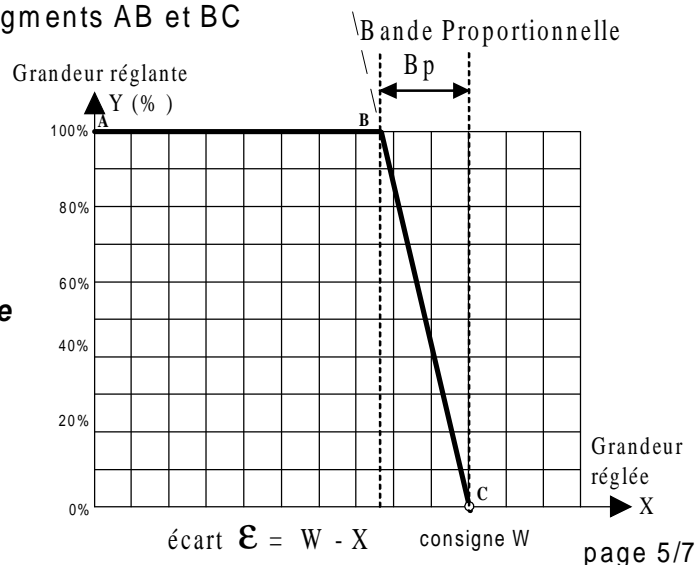
pour la valeur  $X_A$ , la commande vaut  $Y_A$ .  
( environ 80 % )  
pour la valeur  $X_B$ , l'écart avec la consigne  $W$  est plus petit, la commande  $Y_B$  est plus faible  
( environ 30 % )



La grandeur réglante  $Y$  ne pouvant pas dépasser 100 % ( on ne peut pas alimenter une résistance chauffante au delà de sa valeur nominale; on ne peut pas ouvrir une vanne au delà de 100 % ), cette droite est en fait un segment.

La régulation suit alors l'allure formée par les segments AB et BC

**Du point A au point B, le système est commandé à 100 % ( puissance maxi ), puis du point B au point C, la commande est Proportionnelle à l'écart entre  $W$  et  $X$ . Les limites B et C forment une bande appelée Bande Proportionnelle  $B_p$ .**



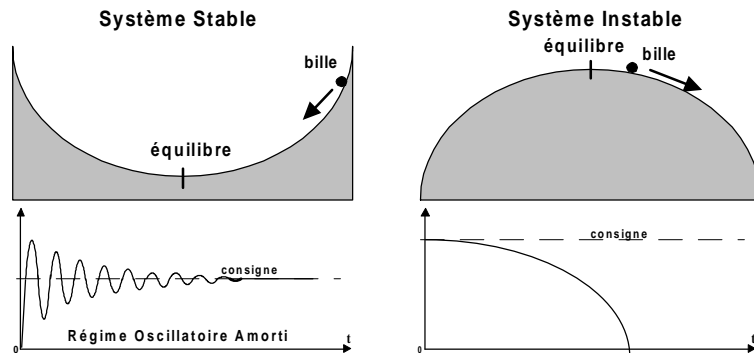
## 4 Qualités d'une régulation ou d'un asservissement :

Pour juger de la qualité d'une régulation, il est nécessaire de choisir des critères objectifs mesurables afin de comparer entre eux, divers types de régulation.

Le critère de STABILITÉ :

Un système est dit stable lorsqu'il se trouve dans une position d'équilibre autour d'une valeur.

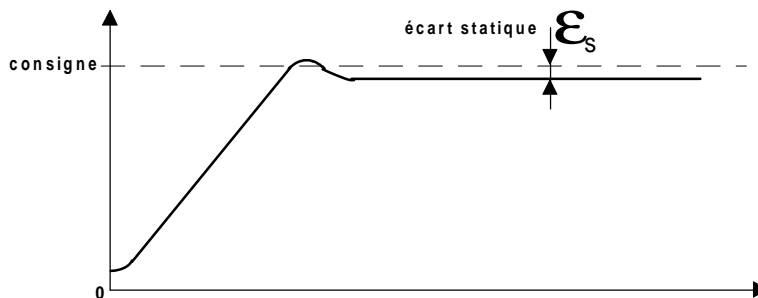
Toute tentative de déséquilibre du système aura pour conséquence, un retour naturel de celui-ci dans une position d'équilibre



Remarque : la régulation TOR est une régulation stable

Le critère de PRÉCISION :

Il est défini à partir de la mesure de l'écart lorsque ce dernier ne varie plus (régime établi), le but étant d'obtenir un écart nul. On appellera cet écart, écart statique ou erreur de statisme.



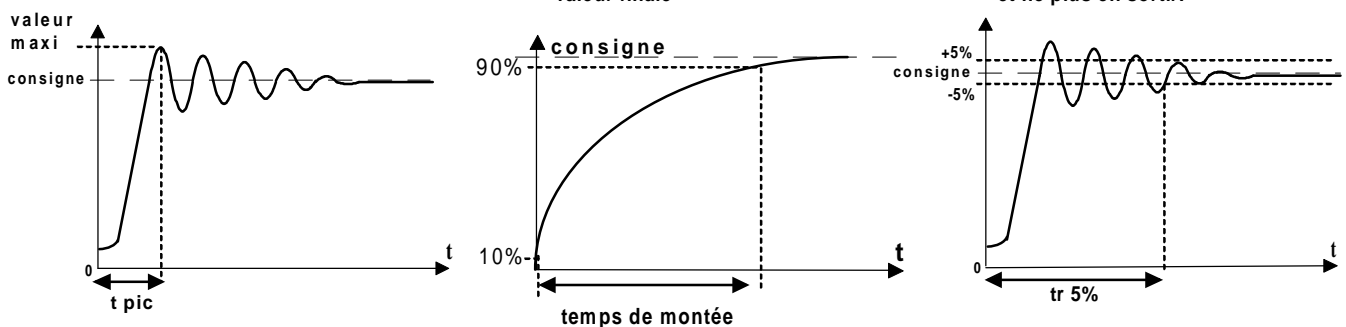
Le critère de RAPIDITÉ :

Il est défini par différentes mesures.

temps de pic (t pic):  
temps nécessaire au système pour atteindre sa valeur maxi

temps de montée :  
temps nécessaire au système pour passer de 10% à 90% de sa valeur finale

temps de réponse :  
temps nécessaire au système pour entrer dans une bande de x% autour de la valeur finale et ne plus en sortir.



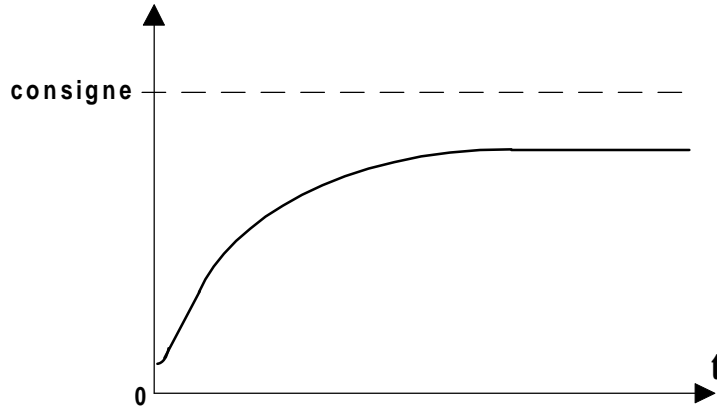
**Ces différents critères sont bien souvent contradictoires.**

**Un bon réglage des paramètres de régulation suppose la recherche du bon compromis entre ces critères.**

## 5 Exemples : régulation de température

### CAS 1 : gain K trop faible

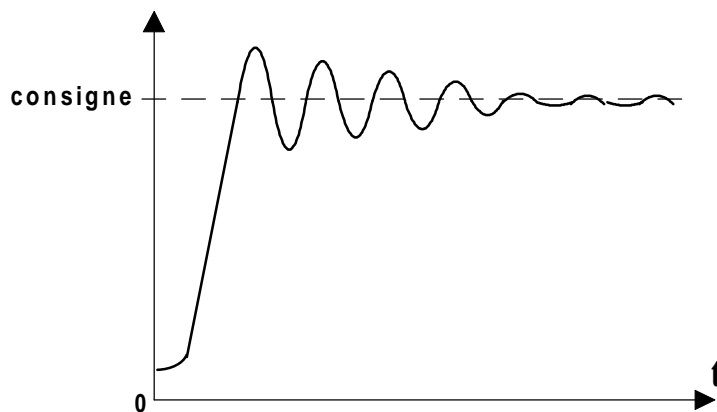
Dans ce cas, le gain K est trop faible, la valeur finale est très éloignée de la consigne, l'écart statique est important.



$$K = 1$$

### CAS 2 : gain K trop important

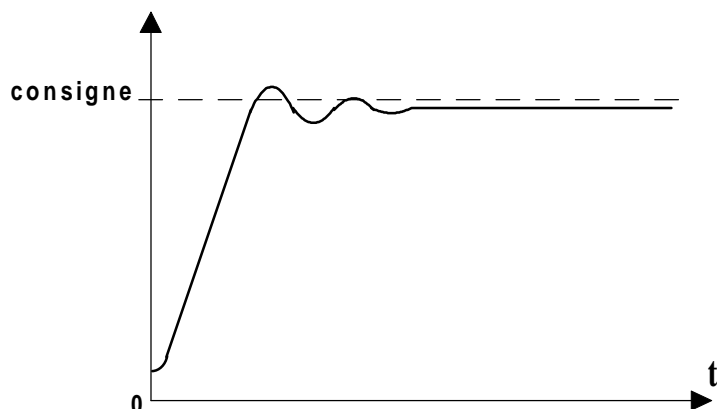
Dans ce cas, le gain K est trop important, on voit apparaître un phénomène d'oscillations.



$$K = 10$$

### CAS 3 : gain K correct

Dans ce cas, le gain K est correct, la valeur finale est proche de la consigne, l'écart statique est faible.



$$K = 3$$

**UN BON REGLAGE DU GAIN K RESULTE D'UN COMPROMIS ENTRE PRECISION, RAPIDITE ET OSCILLATIONS**