

# Caractéristiques des procédés industriels

## 1 Introduction

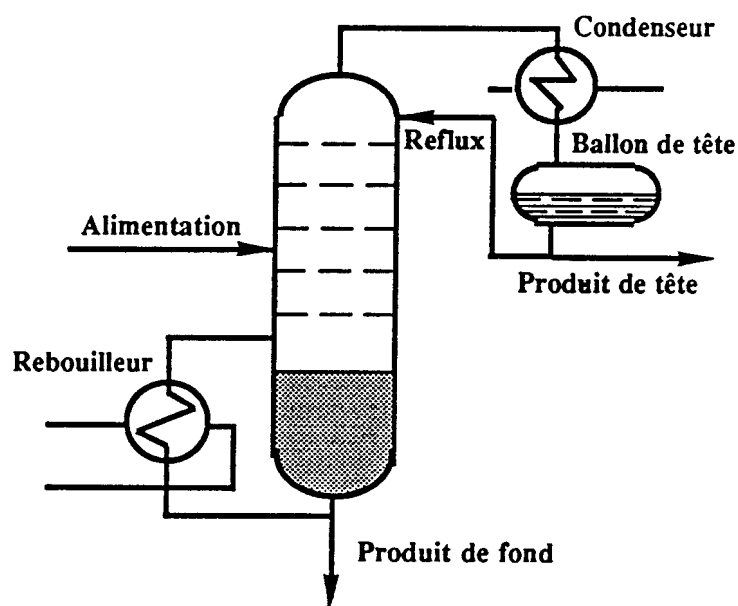
Pour le technicien de régulation le terme procédé désigne une partie ou un élément d'une unité de production industrielle ; par exemple un échangeur thermique qui comporte une régulation de température ou un ballon dont le niveau est régulé.

Procédé et régulation forment un tout indissociable. Le choix du type de boucle de régulation et leur mise au point impliquent une bonne connaissance du comportement du procédé. Le niveau du ballon ou de la température sortie échangeur présentent-ils une grande inertie ? Sont-ils stables ou instables ? Voilà quelques critères communs à tous les types de procédés que le technicien doit savoir déterminer et exploiter.

## 2 Procédés de fabrication continus et discontinus

### 2.1 Procédé continu :

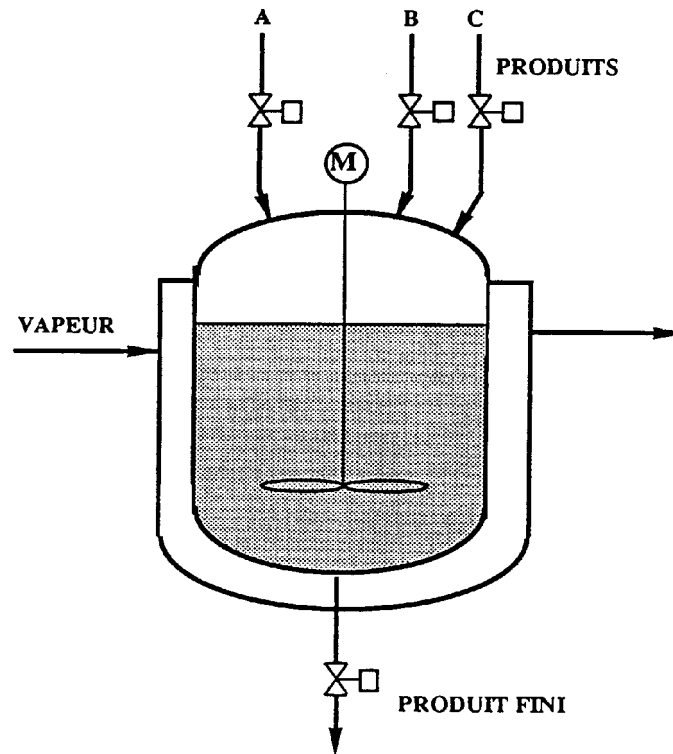
Dans un procédé continu le produit fini est élaboré d'une façon ininterrompue, c'est le cas du dépropaniseur de la figure suivante où à partir d'une charge (alimentation) butane/propane, introduite en continu dans la colonne de fractionnement, on soutire de façon continue, le propane en tête et le butane en fond de colonne.



### 2.2 Procédé discontinu :

Un procédé discontinu est un procédé où le produit fini est obtenu en quantité déterminée lors d'une seule procédure de fabrication complète. C'est le cas de l'autoclave de la figure suivante où les principales étapes de la procédure sont :

- introduction des produits A, B et C,
- Chauffage pendant une durée limitée,
- Vidange du produit fini.



Les procédés discontinu sont également appelés « BATCH » ou « par lot »

### 3 Procédés mono variable et multi variable

D'une façon générale, un procédé est dit multivariable lorsqu'une grandeur réglante agit sur plusieurs grandeurs réglées. Un procédé monovariante est un procédé où chaque grandeur réglante agit uniquement sur sa grandeur réglée.

L'objectif du procédé de la figure suivante est de réguler la concentration  $C_t$  du produit et le débit d'extraction  $Q_j$  aux moyens de deux boucles de régulation simples agissant :

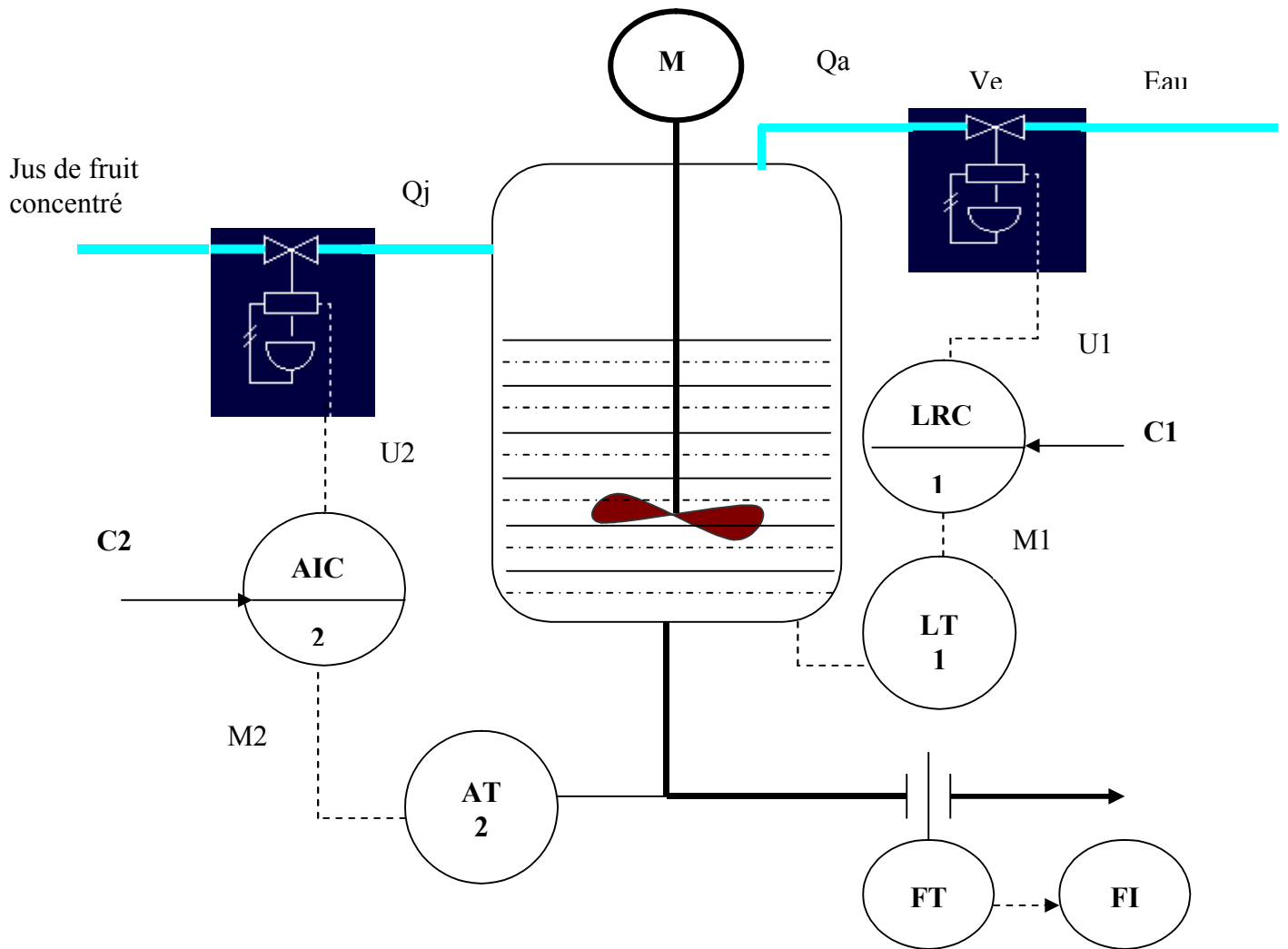
- L'une sur le débit eau  $Q_a$  pour régler le niveau,
- L'autre sur le débit de jus de fruits concentré  $Q_j$  pour régler la concentration.

Une variation de débit  $Q_a$ , provoque :

- une variation de la concentration  $C_t$ ,
- une variation du niveau  $N_b$

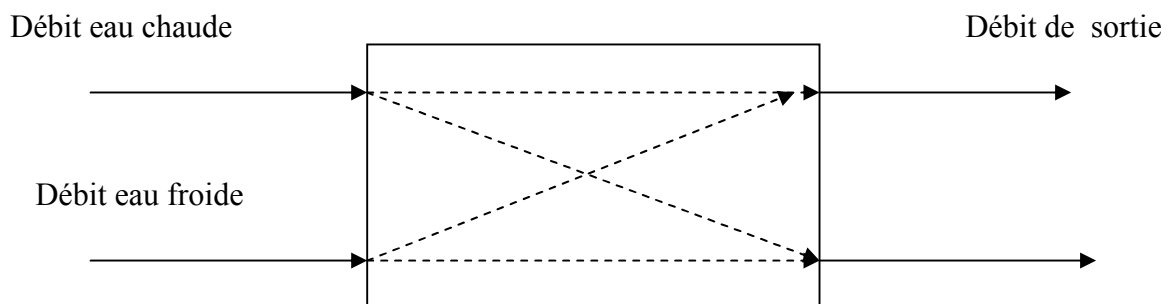
Une variation de débit  $Q_j$ , provoque :

- une variation de la concentration  $C_t$ ,
- une variation du niveau  $N_b$



Prenons l'exemple de la douche de salle de bain : c'est un procédé multivariable.

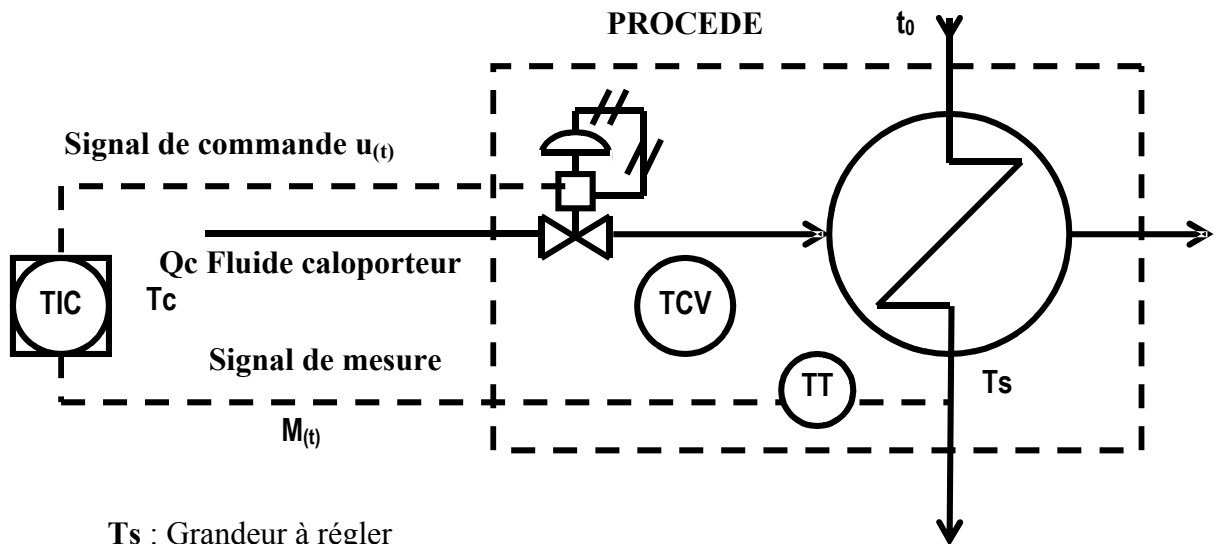
- Une variation du débit eau chaude provoque :
  - Une variation de la température
  - Une variation du débit de sortie
- Une variation du débit eau froide provoque :
  - Une variation de la température
  - Une variation du débit de sortie



## 4 Procédés stables et instables

### 4.1 Procédé stable ou naturellement stable :

Exemple : échangeur thermique



$T_s$  : Grandeur à régler  
 $Q_c$  : Grandeur réglante

Grandeurs perturbatrices

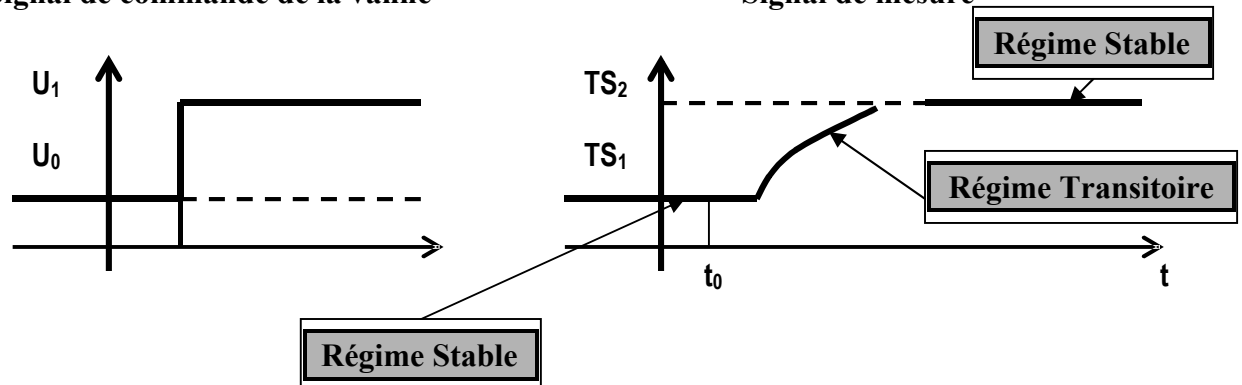
$Q_f$  : Débit de charge  
 $T_e$  : Température d'entrée  
 $T_c$  : Température de chauffe

A une variation d'entrée limitée, (Signal de commande de l'organe de réglage) correspond une variation de sortie limitée (Signal de la grandeur à régler). La variation de la sortie est proportionnelle à la variation d'entrée.

#### Régulateur en mode manuel

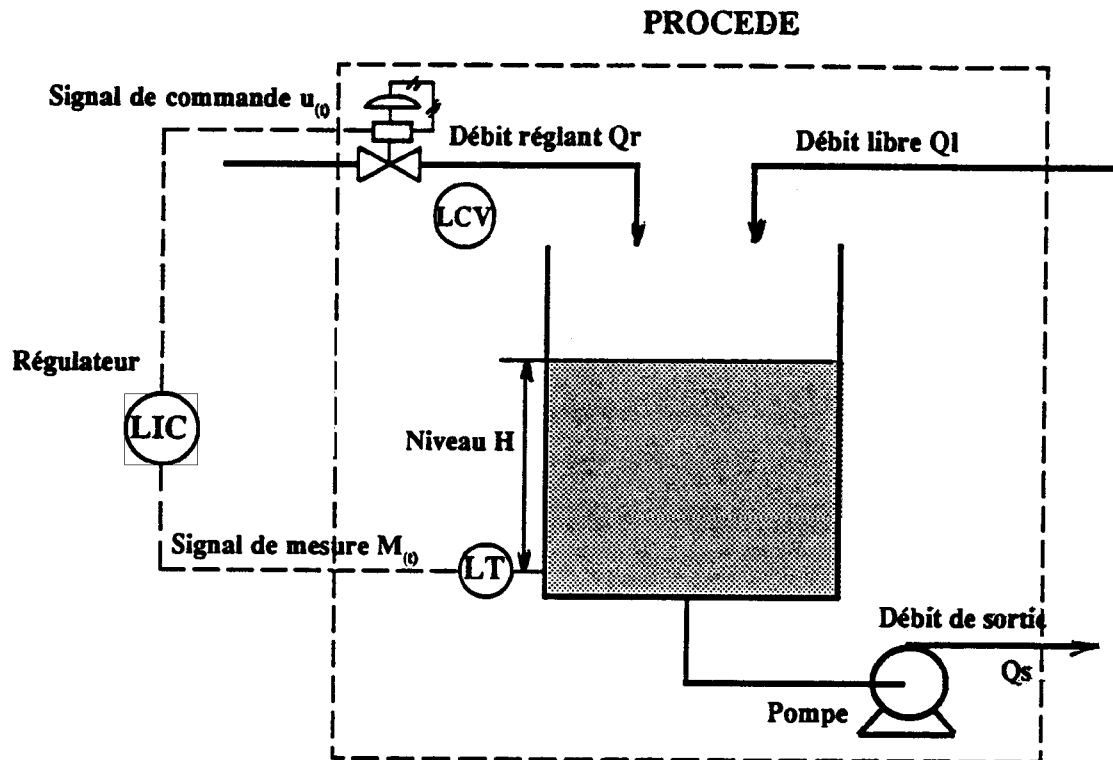
Signal de commande de la vanne

Signal de mesure



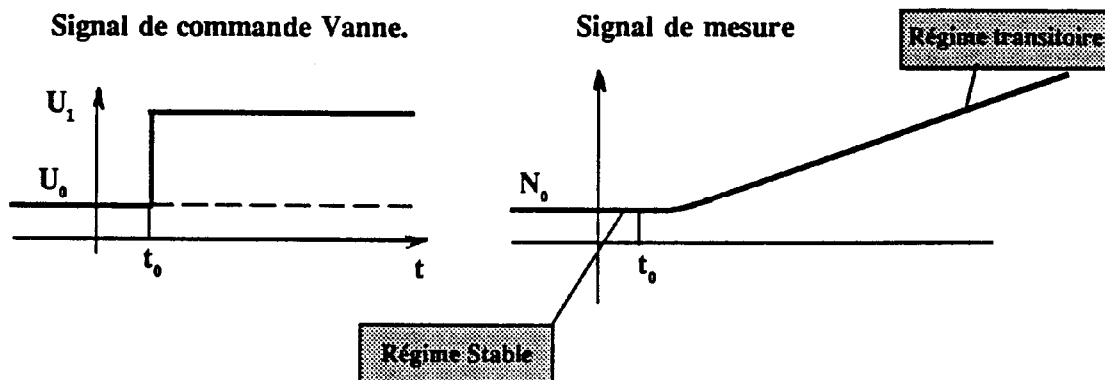
## 4.2 Procédé instable ou intégrateur:

Exemple : Mélangeur



- Grandeur à régler : Niveau H
- Grandeur réglante : Débit Qr
- Grandeur perturbatrices :
  - Débit Ql
  - Pression amont vanne

### REGULATEUR EN MANUEL



## 5 Paramètres caractéristiques de la réponse d'un procédé

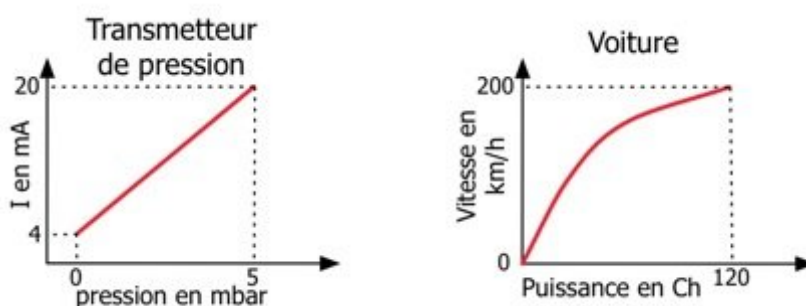
La connaissance des paramètres caractéristiques d'un procédé aide à la mise au point de la boucle de régulation.

### 5.1 Caractéristiques statiques d'un procédé

#### 5.1.1 Caractéristique statique :

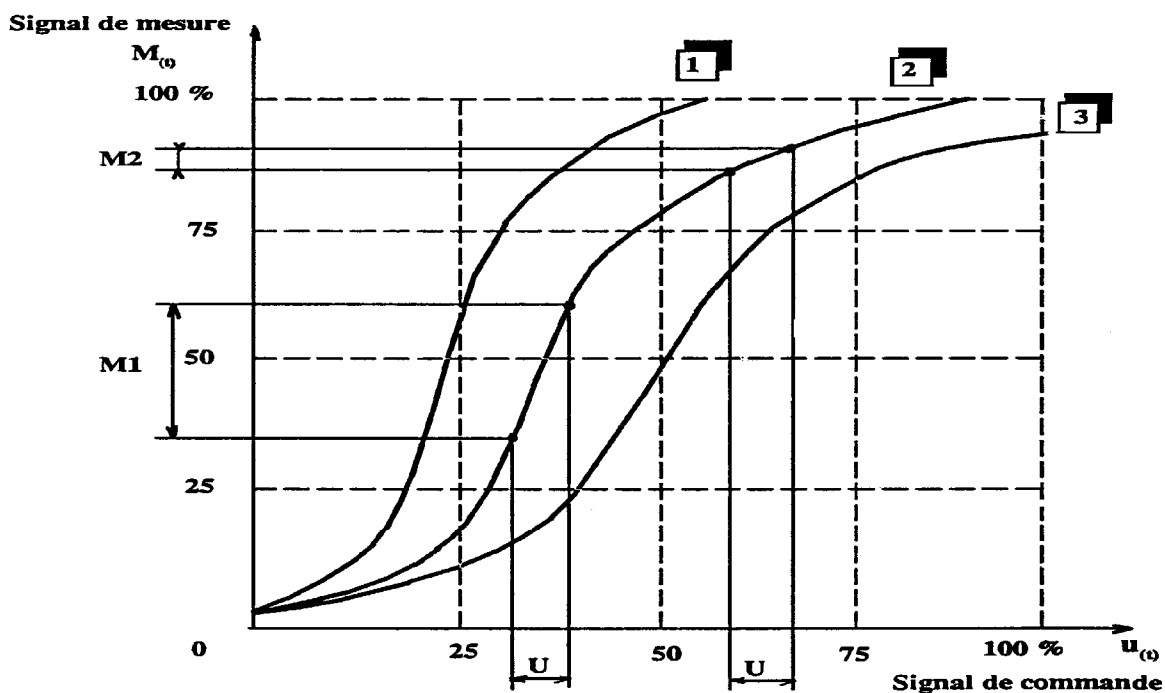
La caractéristique statique est la courbe représentative de la grandeur de sortie  $S$  en fonction de la grandeur d'entrée  $E$  :  $S = f(E)$ .

**Remarque :** On ne peut tracer la caractéristique statique que d'un système stable.



*Caractéristiques statiques*

Pour tracer cette courbe on prend en compte les valeurs de la sortie, en régime stable, en fonction du signal de commande.



### 5.1.2 Gain statique

Si le système est naturellement stable, le gain statique  $G$  est le rapport entre la variation de la grandeur d'entrée  $S$  et la variation de la grandeur de sortie  $E$ .

$$G = \frac{\Delta S}{\Delta E}$$

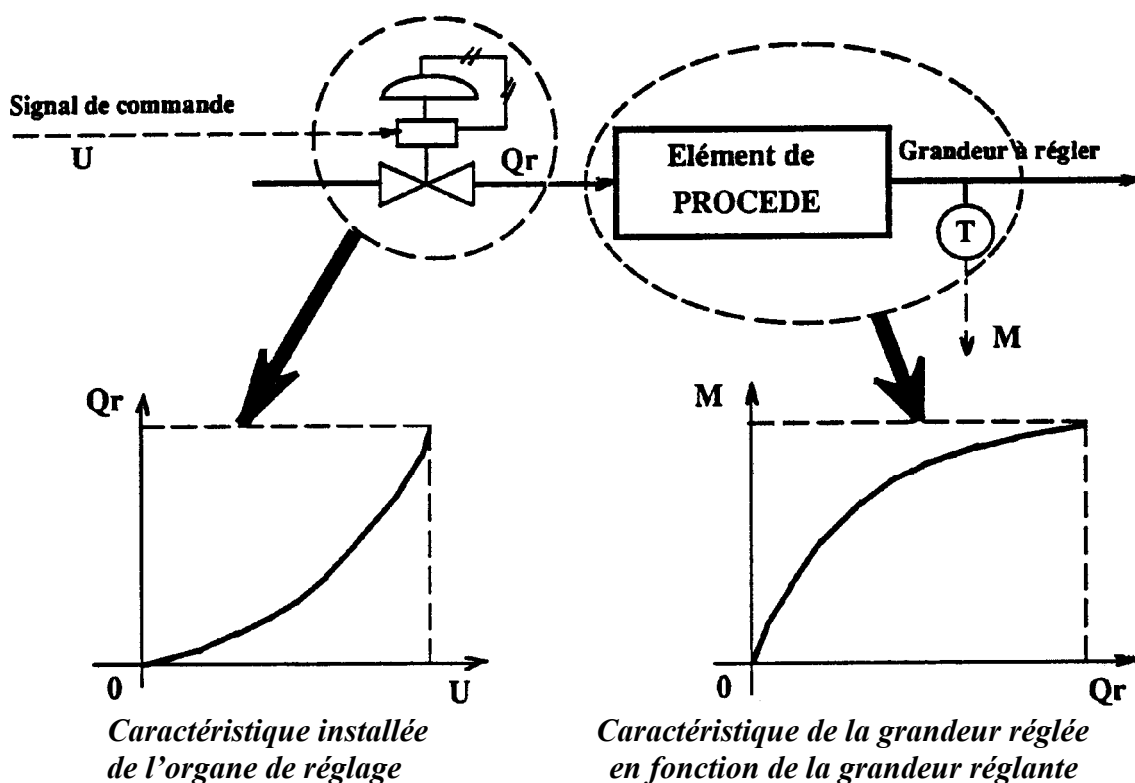
### 5.1.3 Erreur statique

Si le système est stable, l'erreur statique  $E$  est la différence entre la consigne  $W$  et la mesure de la valeur réglée  $X$ .

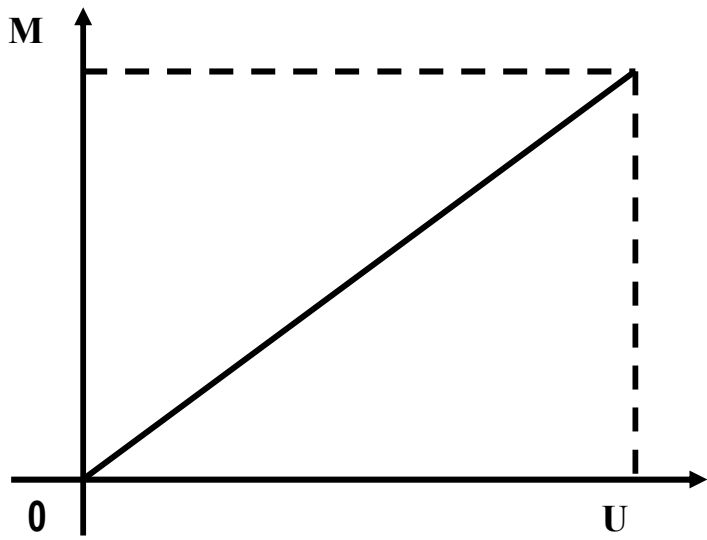
$$E = W - X$$

### 5.1.3 Linéarisation de la caractéristique statique

La linéarisation de la caractéristique statique du procédé est réalisée par la vanne de réglage. Le principe est illustré par la figure suivante :

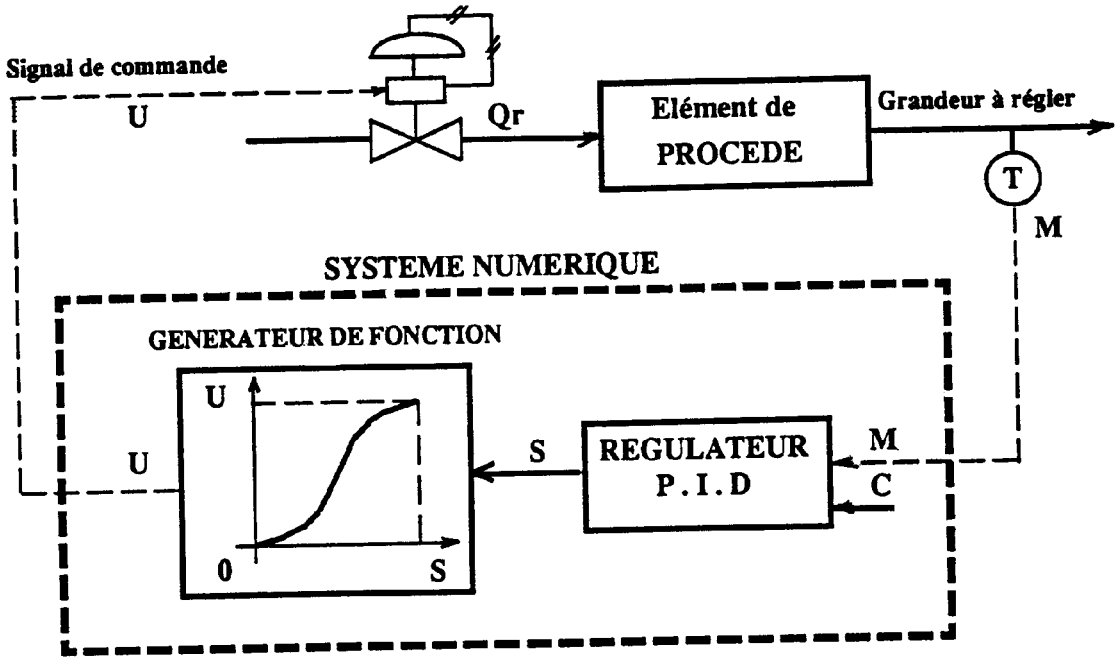


**CARACTERISTIQUE STATIQUE LINEAIRE**



Le gain statique du procédé est constant.

Linéarisation de la caractéristique statique du procédé par traitement du signal de commande de la vanne.



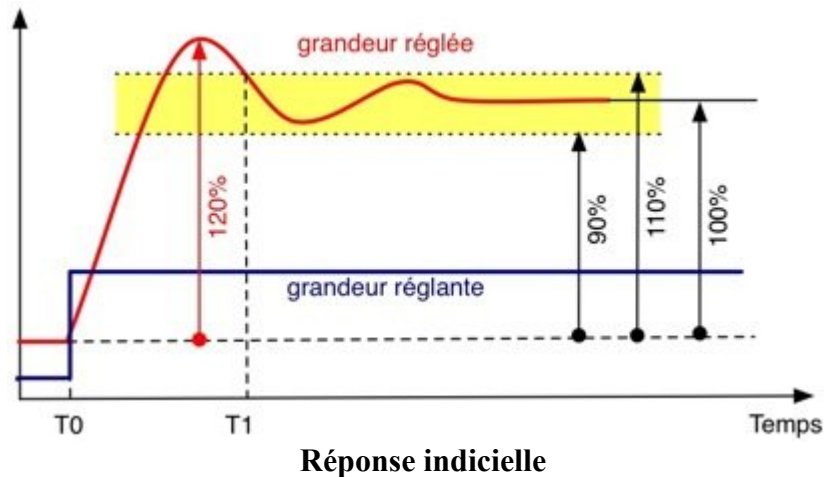
La linéarisation par cette méthode ne concerne que le gain statique, les paramètres dynamiques du procédé ne sont pas pris en compte.

Si le point de fonctionnement change dans de grandes proportions il est nécessaire de modifier les actions de réglage. On peut résoudre ce problème en utilisant un système numérique de contrôle commande dans lequel on fait une auto adaptation des actions.

## 5.2 Caractéristiques dynamiques d'un procédé

### 5.2.1 Temps de réponse

C'est l'aptitude du système à suivre les variations de la grandeur réglante. Dans le cas d'un échelon de la grandeur réglante, la croissance de la grandeur réglée définit les différents temps de réponse. Dans l'exemple suivant, on mesure le temps de réponse à 10% qui est égal à  $T1 - T0$ .



### 5.2.2 Dépassement

Le premier dépassement permet de qualifier la stabilité d'un système. Plus celui-ci sera important, plus le système sera proche de l'instabilité. Dans certaine régulation, aucun dépassement n'est toléré. Dans la réponse indicielle de la figure précédente le premier dépassement est de 20 %.