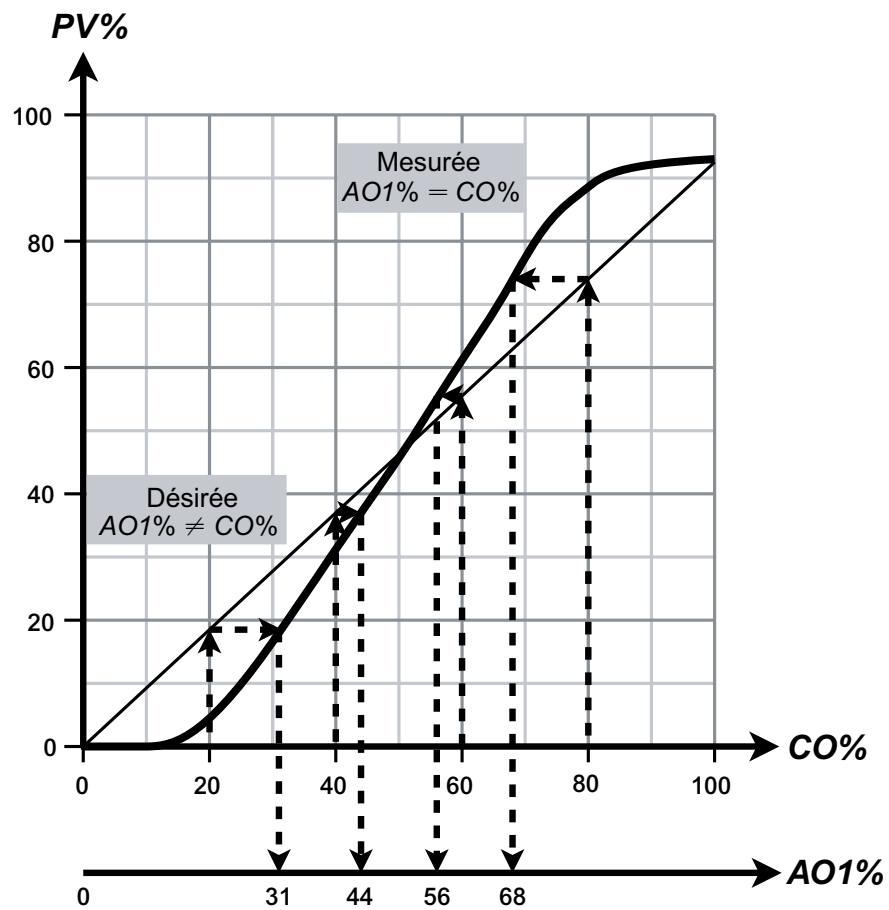


Linéarisation et caractérisation



4.1 Définition

Un procédé, un instrument ou un élément final est linéaire si la fonction décrivant l'état statique de sa sortie par rapport à son entrée est une droite $y(x)$ telle que $y = mx + b$ où m est la pente de la droite et b est l'ordonnée à l'origine.

Les procédés continus sont souvent non linéaires. Prenons le cas d'un procédé de remplissage d'un réservoir d'eau ayant une vanne comme élément final (figure 4.1).

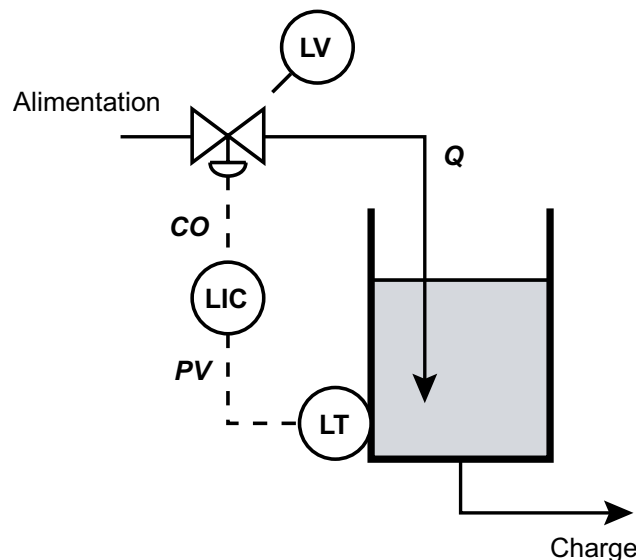


Figure 4.1 Contrôle de niveau non linéaire

Le procédé global inclut tout ce qui est compris entre le CO et le PV : l'élément final LV, le procédé proprement dit et l'instrument de mesure LT.

Supposons que le transmetteur de niveau est linéaire. Il pourrait ne pas l'être.

On peut présumer, comme c'est habituellement le cas, que la courbe caractéristique du débit Q de la vanne en fonction du CO n'est pas linéaire. De plus, si le réservoir se vidait par gravité, le PV (niveau) serait non linéaire par rapport au débit Q de la vanne.

Un essai statique étendu sur le procédé donne la caractéristique non linéaire de la figure 4.2. Il s'agit de la courbe de la moyenne des deux branches montante et descendante de l'hystérésis globale. Si l'on n'opère le système qu'en un seul point, par exemple au point A avec $PV \approx 50\%$, le gain de procédé G_p a une valeur d'environ 1,6 et il ne varie pratiquement pas autour de ce point.

Tant qu'on reste dans la zone du rectangle autour du point A, la courbe caractéristique peut être assimilée à une droite et le procédé global est dit quasi linéaire. On peut le considérer comme étant linéaire dans cette zone.

On pourrait vouloir opérer le même procédé à des points différents, soit au point B avec $PV = 80\%$ ou au point C avec $PV = 30\%$. Autour de ces points, le procédé est aussi quasi linéaire. Cependant, $Gp = 6,7$ autour du point B, ce qui est élevé et pourrait causer des problèmes de contrôle. Le gain de procédé ne devrait pas dépasser 3 pour espérer obtenir une bonne régulation.

D'autre part, le rapport $Gp \text{ max}/Gp \text{ min} = 6,7/0,9 = 7,4$ pour les deux points extrêmes, B et C. Un rapport plus grand que 3 pourrait causer des problèmes de régulation.

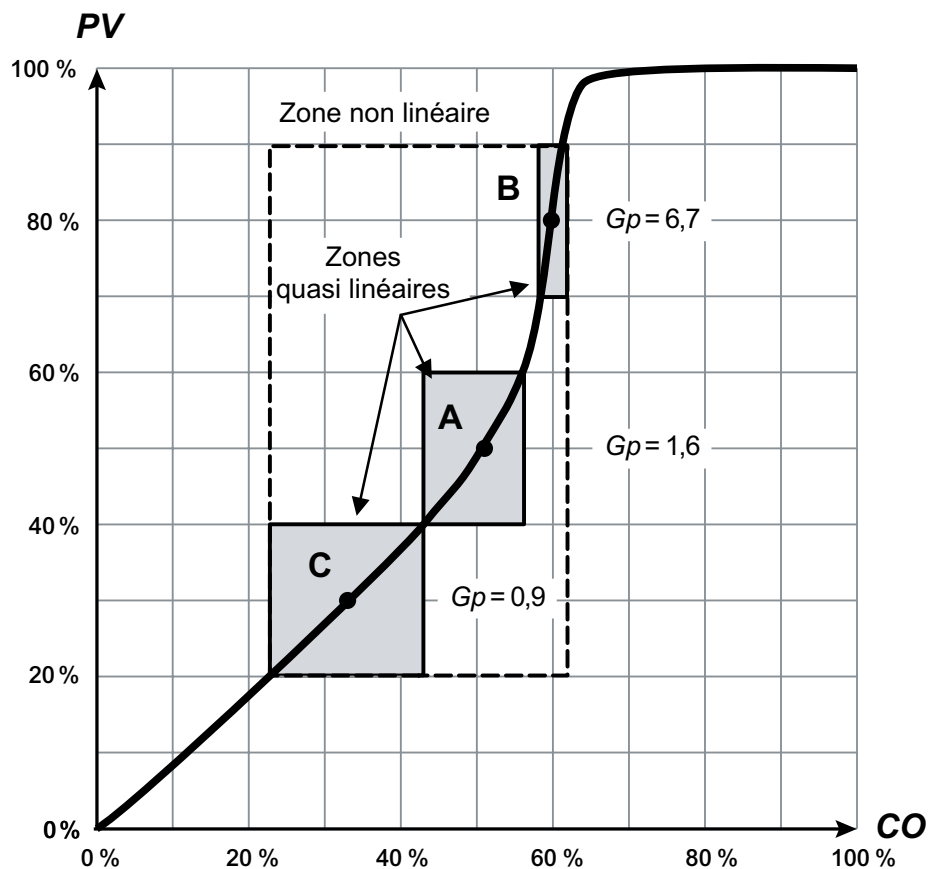


Figure 4.2 Gain de procédé non linéaire

Si l'on voulait opérer le procédé aux trois points A, B et C avec un seul jeu de réglages pour le régulateur, il faudrait que $Gp(B) \leq 3$ et que $Gp \text{ max}(B)/Gp \text{ min}(C) \leq 3$.

Avec $Gp = 1,6$ pour le point A appliqué pour l'ensemble des trois points d'opération de la figure 4.2, le réglage serait trop relâché pour le point d'opération C ou trop agressif pour le point d'opération B.

On résout le problème en linéarisant la courbe $PV(CO)$ comme le montre la figure 4.3.

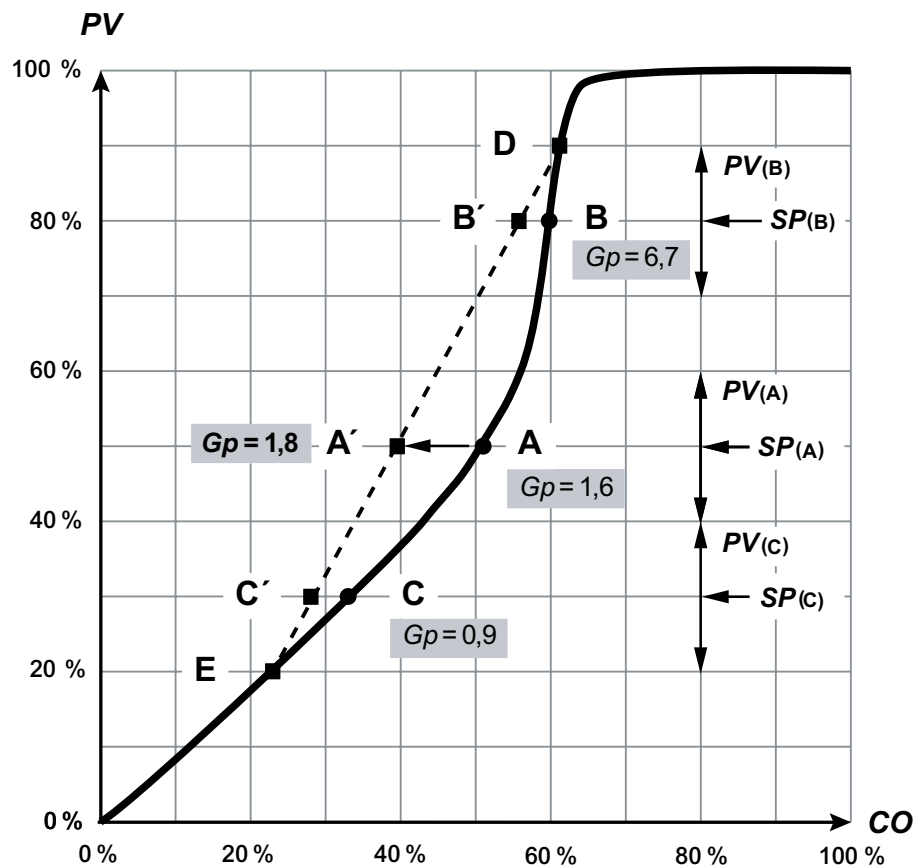


Figure 4.3 Linéarisation partielle de $PV(CO)$

La linéarisation consiste à rendre droite une fonction qui est courbe entre deux de ses points.

La caractérisation consiste à modifier une fonction non linéaire en la linéarisant par petits segments. La nouvelle fonction obtenue peut ne pas être linéaire dans son ensemble. C'est le cas de la modification de la courbe du débit d'une vanne en fonction du CO. La linéarisation est une application particulière d'une caractérisation qui a un sens plus large.

En linéarisant la courbe entre les points D et E qui sont respectivement les limites normales de variation du PV autour des points A et C, les trois points d'opération sont déplacés vers la gauche puisque les PV des trois points d'opération restent les mêmes. A, B et C deviennent A', B' et C'.

On trouve une nouvelle valeur pour G_p qui est la même pour les trois points A' , B' et C' .

$$G_p(\text{linéaire}) = \frac{\Delta PV}{\Delta CO} = \frac{90\% - 20\%}{61\% - 23\%} = 1,8 < 3 \quad (4.1)$$

On obtient aussi :

$$\frac{G_{p \max}}{G_{p \min}} = \frac{1,8}{1,8} = 1 < 3 \quad (4.2)$$

Les deux conditions pour espérer obtenir une bonne régulation sont maintenant satisfaites pourvu que le PV demeure en tout temps à l'intérieur de la plage de 20 % à 90 %.

Une telle linéarisation se fait habituellement de façon électronique par une fonction de caractérisation de la vanne ou du régulateur. La fonction de caractérisation d'un instrument est un tableau faisant correspondre pour des valeurs d'entrée données, de nouvelles valeurs de sortie.

La linéarisation se fait d'habitude au régulateur ou à l'élément final. Lorsque ces instruments sont programmables, on procède à la linéarisation par une des deux méthodes suivantes illustrées par la figure 4.4.

- On linéarise la courbe de la variable contrôlée $PV(CO)$ en caractérisant la sortie du régulateur.
- On linéarise la courbe de la variable manipulée $VM(AOI)$ en caractérisant l'élément final qui est habituellement une vanne munie d'un positionneur programmable.

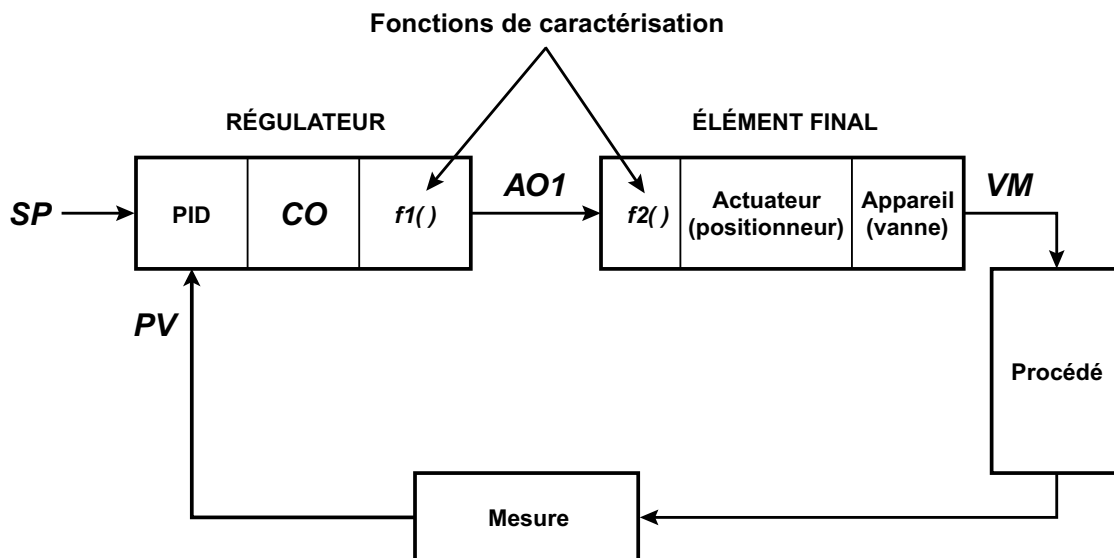


Figure 4.4 Caractérisation au régulateur ou à l'élément final

Il est de bonne pratique de linéariser la variable manipulée (VM) à l'élément final et la variable contrôlée (PV) au régulateur. En d'autres mots, pour des raisons logiques de maintenance, il est préférable de ne pas linéariser la variable manipulée au régulateur lorsque l'élément final peut être linéarisé.

4.2 Caractérisation de la sortie d'un régulateur

Le régulateur peut avoir plusieurs sorties autres que le CO. On nomme AO1 la première sortie physique du régulateur (*Analog Output 1*). Le CO est la sortie de l'algorithme PID du régulateur; sa valeur est différente de celle de la sortie physique AO1 du régulateur lorsqu'on utilise une fonction de caractérisation différente de 1.

La fonction de caractérisation du régulateur (figure 4.5) fait correspondre les valeurs désirées de la sortie AO1 à certaines valeurs du CO et elle interpole ensuite les valeurs de $AO1(CO)$ du tableau. Les valeurs CO et AO1 sont habituellement en pourcentage, d'où la notation $CO\%$ et $AO1\%$.

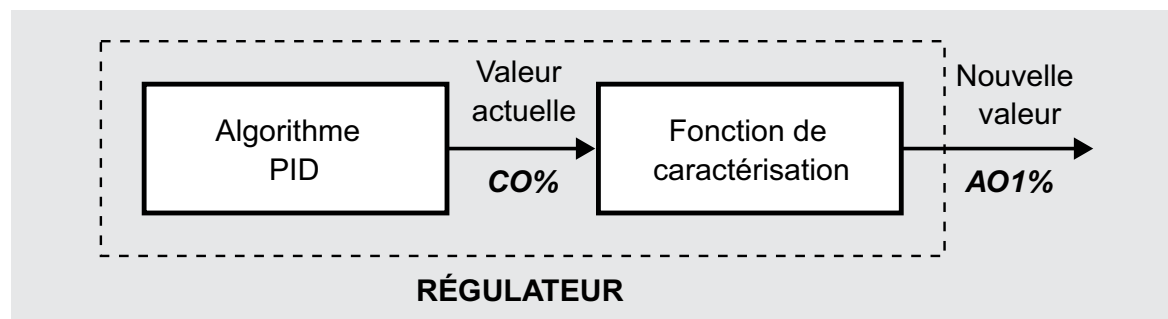


Figure 4.5 Régulateur avec fonction de caractérisation

Exemple

On effectue un essai statique étendu sur un procédé. On obtient sa courbe caractéristique $PV(CO)$. On désire ensuite linéariser cette courbe caractéristique entre 0 % et 100 % de CO.

La figure 4.6 montre la courbe résultant de l'essai statique étendu réalisé sans fonction de caractérisation ($AO1\% = CO\%$) et la droite désirée obtenue avec la fonction de caractérisation ($AO1\% \neq CO\%$). La caractéristique mesurée est la moyenne des deux branches montante et descendante de l'hystérésis globale.

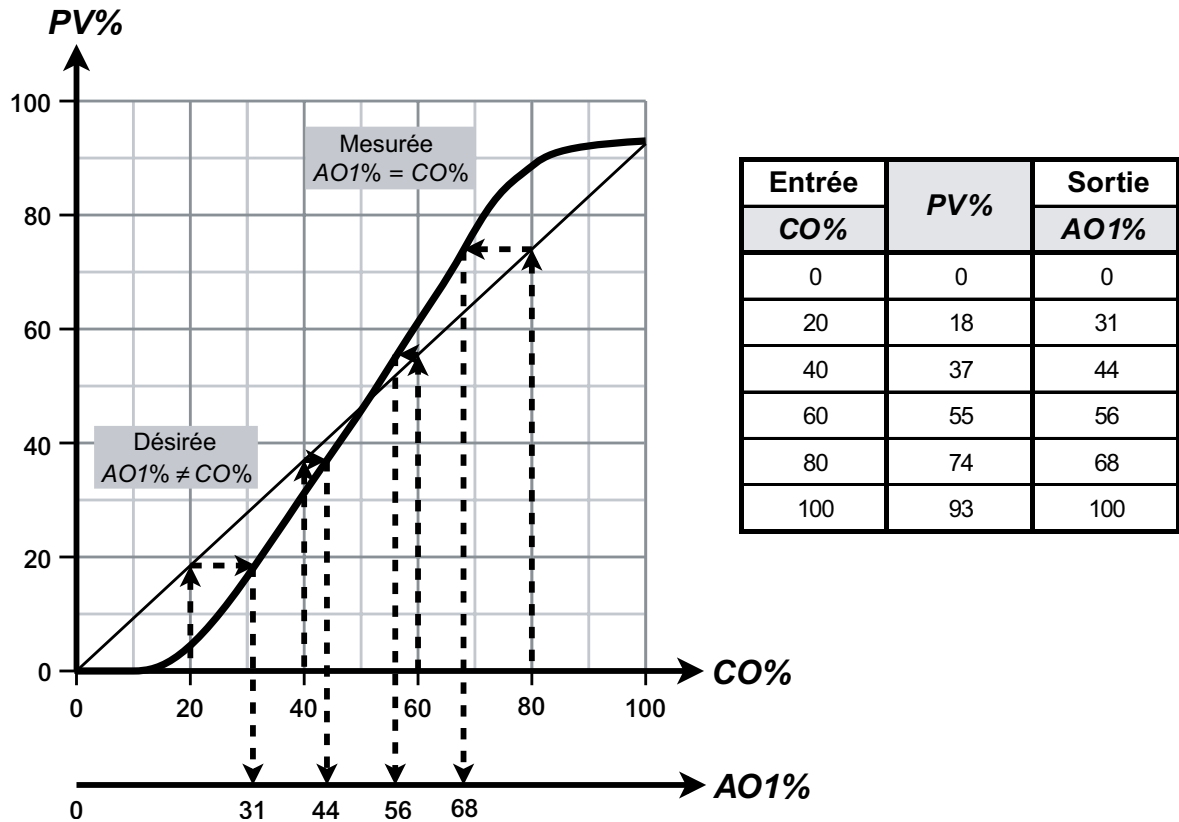


Figure 4.6 Caractérisation au régulateur

Il faut ensuite construire le tableau de caractérisation de la figure 4.6 donnant les nouvelles valeurs de sortie $AO1\%$ en fonction de certaines valeurs d'entrée $CO\%$. La fonction de caractérisation du régulateur fait ensuite l'interpolation entre les valeurs de $CO\%$ du tableau de caractérisation. La méthode pour construire le tableau est la suivante :

- Pour une valeur d'entrée $CO\%$ de la fonction de caractérisation, on trouve la valeur désirée $PV\%$ après linéarisation ;
- Pour cette valeur désirée $PV\%$, on trouve, avec la courbe caractéristique non linéaire mesurée $PV\%(CO\%)$, la valeur de la sortie de la fonction de caractérisation $AO1\%$ qui permettra d'obtenir la valeur désirée $PV\%$.

Ce tableau doit ensuite être entré dans la fonction de caractérisation du régulateur. Le protocole d'entrée des valeurs de la fonction de caractérisation peut différer selon le modèle du régulateur.