Chapitre 2

Le systéme de réglage

Objectifs

1. Savoir comment on arrive à un modèle mathématique d'un système
2. Savoir comment on arrive à une fonction de transfert
3. Savoir interpreter un diagramme de bloques et savoir calculer avec

2.1 Formation du modèle

Le modèle d'un processus est exprimé par une équation différentielle qui est transformé dans un équation algébrique. Dans ce cas, on a déjà supposé,sans vraiment en parler, que les conditions de départ sont zéro.Ceci suit du raisonement suivant. On veut que le systéme soit reglé à sa situation d'équilibre.L'écart est donc considéré en point de vue du point d'équilibre.Il est donc logique qu'on definisse l'origine du systéme de coordonées dans ce point d'équilibre.On appelle ceci le systéme de coordonées dynamique.La condition de départ de x est égale à zéro.

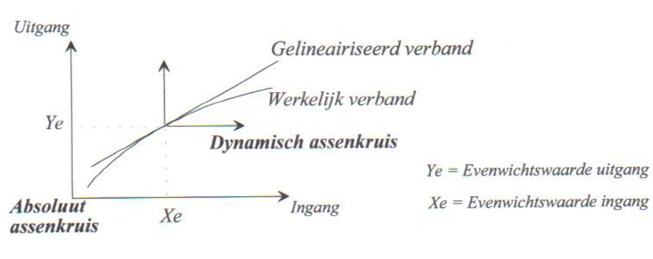

FIGURE 2.1 – source : course 'regeltechniek',KUL

2.1.1 Procédé général

Avant que l'on puisse régler un systéme, il faut connaître ce systéme.Il faut donc construire un modèle et pour cela il y a deux méthodes

- La méthode analytique :Les parties différentes du systéme sont décrites par une équation donnée par des lois physiques.Ces équations doivent être linéares et aprés par une transformation Laplace on obtient le fonction de transfert.
- Le méthode d' identification : Dans cette méthode on va essayer de mettre le système en modéle a l'aide de résultats expérimentaux.Cette méthode est utilisée quand on n'a pas de possibilité d'utiliser des lois physiques pour décrire le système. [1]

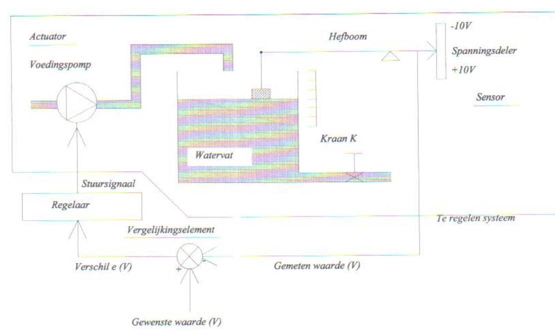

FIGURE 2.2 – source : : course 'regeltechniek, KUL

La variable d'entrée, est l'eau qui entre.Pour régler ce débit on utilise une pompe d'alimentation.Le débit fourni est en rapport avec le régime d'une pompe. La pompe d'alimentation est l'actuateur.

La variable de sortie est le niveau de l'eau. Pour mésurer ceci on utilise un flotteur qui à l'aide d'un levier détermine la tension de sortie d'un potentiométre.

Donc le système flotteur-levier est le capteur.

Maintenant nous allons rédiger le modèle pour le niveau dans la citerne, donc nous allons déterminer le rapport entre l'entrée et la sortie, ou autrement dit entre le débit et le niveau.

Le débit à la sortie dépend du niveau dans la citerne,parce que la pression en bas de la citerne va déterminer ce débit. Ceci est en supposant que le robinet est ouvert dans une position fixe.

Nous utilisons la loi de Bernouilli

$$(p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h)_1 = (p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h)_2$$

1. Cette méthode n'est pas expliquée dans ces notes. D'ailleurs les mathématiques nécessaires pour cette méthode sont encore plus difficiles que la théorie de la transformation de Laplace.

Situation 1 est sur la surface en haut.Supposons que v est presque zéro ,h est l'hauteur et p est la pression ambiante.

Situation 2 est la situation en bas.Supposons que la hauteur est zéro, p est la pression ambiante et la vitesse dépend de la hauteur. L'équation devient

$$\rho g h_i = \frac{\rho v_u^2}{2}$$

Le débit à la sortie est

$$\phi_u = A_u v_u$$

De ceci suit

$$\phi_u = A_u \sqrt{2gh}$$

Maintenant il faut encore trouver une relation pour mettre le débit à l'entrée dans l'équation.Nous utilisons pour ceci la balance de masse qui nous donne la différence entre le débit à l'entrée et à la sortie.Ceci nous donne le changement de niveau dans la citerne.

$$\phi_i - \phi_u = A\frac{dh}{dt}$$

Nous obtenons de la combination des deux dernières équations l'équation du système.

$$\phi_i = A\frac{dh}{dt} + A_u\sqrt{2gh}$$

A_u : section de la sortie, A : surface de la citerne.

Cette équation n'est pas linéaire.Il faut donc la linéariser. Nous allons développer une série de Taylor dans le point d'action et couper aprés le terme linéaire.On obtient donc l'équation suivante

$$\phi_i(t) = A\frac{dh}{dt} + Kh + termes$$

On peut supprimer les constantes aprés translation du systéme de coordonées. Il faut encore faire une transformation de Laplace et nous obtenons l'équation suivante

$$\Phi_i(s) = AsH(s) + KH(s)$$

Le fonction de transfer G(s), le rapport entre l'entrée ϕ_i et la sortie $H(s)$, devient

$$G(s) = \frac{1}{As + K}$$

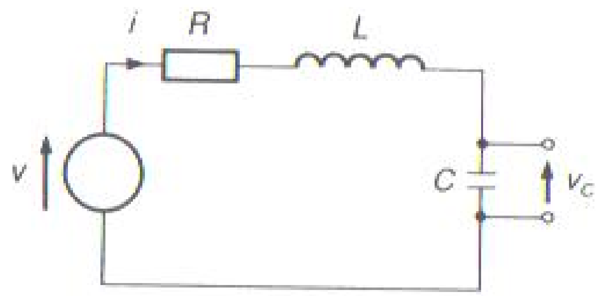

FIGURE 2.3 – source : 'control engineering',W.Bolton

Il faut trouver un rapport entre la sortie, la tension sur le condensateur, et l'entrée, la tension de la source. Il ne faut qu'appliquer la loi des tensions de Kirchhoff. Le tension de la source est donc

$$U = U_R + U_L + U_C$$

Développé

$$U = Ri(t) + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i(t)\,dt.$$

Pour la tension du condensateur nous obtenons

$$U_C = \frac{1}{C}\int i(t)\,dt.$$

Le rapport entre l'entrée et la sortie est la fonction de transfert . Nous faisons la transformation de Laplace des deux et nous les divisons. Pour l'entrée nous obtenons

$$U = Ri(s) + Lsi(s) + \frac{i(s)}{Cs}$$

et pour la sortie

$$U_C = \frac{i(s)}{Cs}$$

La fonction de transfert devient

$$H(s) = \frac{i(s)}{Cs}\frac{1}{Ri(s) + Lsi(s) + \frac{i(s)}{Cs}}$$

Aprés simplification

$$H(s) = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

2.2 Le circuit de réglage

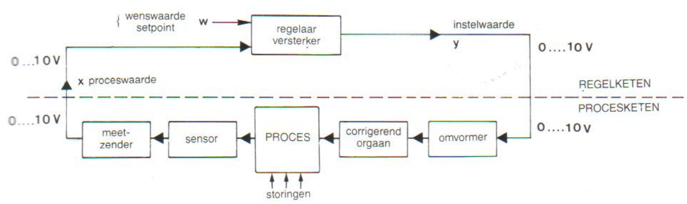

Figure 2.4 – source :'regeltechniek1',Die Keure

A l'entrée on retrouve deux valeurs :
- La consigne w représente la valeur désirée (en anglais :setpoint)
- La valeur réelle x est une mesure pour la valeur mesuré

Du schèma ci dessus on obtient les fonctions suivantes

1. Un circuit de réglage est un circuit fermé.La sortie du régulateur est l'entrée du processus. La sortie du processus est l'entrée du regulateur.
2. La boucle de la sortie doit être d'une telle façon qu'un changement de la variable du processus x va être contrarié par un changement á la sortie du regulateur, de cette manière la valeur du processus x va devenir égale à la consigne w.
3. Quand la sortie du regulateur ne peut pas donner assez de puissance au processus,cette puissance doit être fournie par un transformateur et un organe correctif.Donc le transformateur et l'organe correctif ont comme but de traduire la sortie du regulateur vers une puissance, en rapport avec la sortie, dans le processus
4. La valeur du processus x est mésurée avec un détecteur et un émetteur adapté à un signal qui sera comparé avec la consigne.
5. L'écart w-x est manipulé par le régulateur et par conséquant on préserve la valeur désirée.
6. Dans un systéme standardisé il y a toujours des signaux normalisé. Si l'entrée change de 0 à 10V la valeur de processus changera en rapport.

Pour l'organe correctif on retrouve des systèmes différents
- mécanique : levier
- hydraulique : piston
- pneumatique : soupape commandé par l'air comprimé
- électrique : relais
- élektronique : triac,thyristeur

2.2.1 Système de réglage ouvert et fermé

Système ouvert

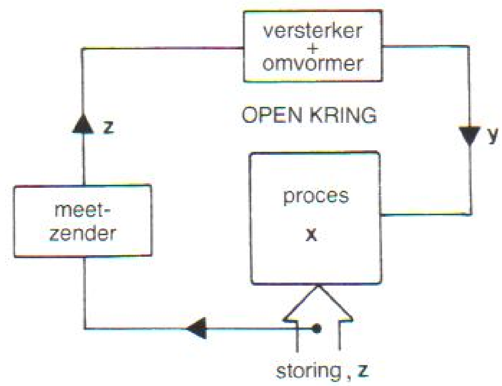

FIGURE 2.5 – source : 'regeltechniek1' ; Die keure

Le circuit de réglage ci dessus donne le schéma de base pour un système de réglage ouvert.Ici on n'a pas besoin d'une boucle et dans ce cas ci, on ne parle pas de reglage mais de commande.Une perturbation z commandera directement l'énergie de telle façon qu'il y aura une réaction immédiate sur cette perturbation.Cette réponse rapide est l'avantage d'une boucle ouverte.Le désavantage est qu'avec une telle boucle il n'y a réaction que sur cette perturbation, les autres perturbations ne seront pas réglée.

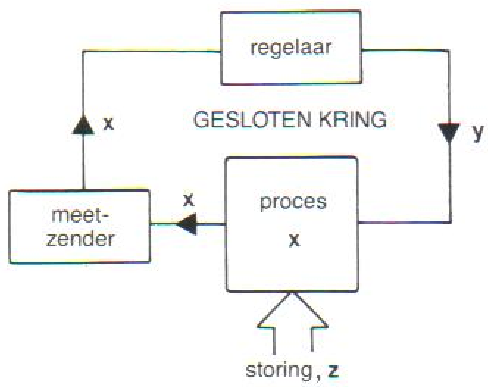

FIGURE 2.6 – source ; 'regeltechniek1',Die Keure

Système fermé

Dans ce type de boucle chaque type de perturbation va être réglé. Dans un autre sens, une perturbation externe sera remarquée après que le processus ait été perturbé parce que le circuit doit être parcouru avant que l'on puisse voir quelque chose. Donc la réaction vient toujours trop tard.

2.2.2 Sortes de réglages

En principe on peut distinguer deux types de régulations :

- Systèmes servo : Dans un tel système la valeur réelle doit suivre immédiatement la consigne.Donc la consigne peut changer pendant que le regulateur fonctionne. Il y a encore deux possibilités dans ce cas-ci, soit la consigne suit un programme fixe comme dans le cas d'une machine CNC, soit la consigne change arbitrairement comme par exemple avec le pointement d'une antenne.
- Régulation de processus simple :La consigne reste constante et la valeur réelle doit suivre la consigne le plus precisément possible malgré des perturbations possibles.

2.3 Diagrammes bloc

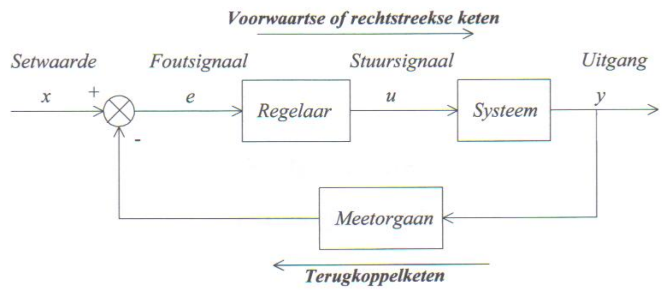

FIGURE 2.7 – source : 'regeltechniek1' ;Die Keure

Jusqu'à maintenant, nous avons étudié une seule fonction de transfert et supposé que la fonction de transfert est le rapport entre entré et sortie. Qu'est ce qui se passe quand on a plusieurs éléments dans un circuit de réglage. Il y a aux moins deux parties dans un circuit de réglage, c'est à dire

- Une directe : Elle est composée des fonctions de transferts du régulateur et du processus.
- Une boucle : Elle est composé de la mesure

De ceci suit la fonction de transfert à boucle ouverte,c'est la direct.C'est le produit des fonctions de transfert du regulateur et processus.

Nous allons aussi calculer la fonction de transfert de la boucle ci dessous

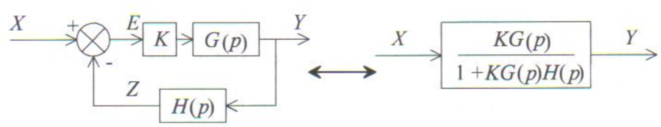

FIGURE 2.8 – source : 'regeltechniek1' ; Die Keure

$$\begin{aligned} E &= X - Z \\ Y &= K * G(p) * E \\ Z &= H(p) * Y \end{aligned}$$

Donc

$$X = E + Z$$

$$\begin{aligned} E &= \frac{Y}{K * G(p)} \\ Z &= H(p) * Y \end{aligned}$$

De ceci suit

$$X = \frac{Y}{K * G(p)} + H(p) * Y$$

donc

$$X = Y(\frac{1 + K * G(p) * H(p)}{K * G(p)})$$

Ou la fonction de transfert est égale à

$$\frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K * G(p)}{1 + K * G(p) * H(p)}$$

Dans le cas d'une boucle d'unité pour laquelle H(p)=1 on dit :
La fonction de transfert est la proportion entre la directe et la directe plus 1.