

# Notions de régulation et d'asservissement

## Exemple 1 : Aérotherme

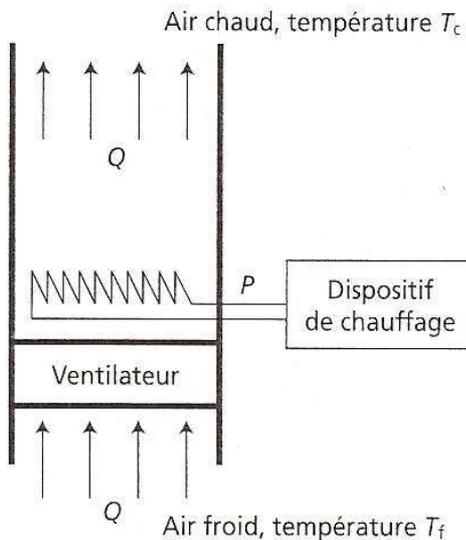


Figure 1 : Aérotherme

Un débit d'air  $Q$  est réchauffé à une température  $T_c$  par l'intermédiaire d'une résistance électrique sur laquelle est appliquée une puissance électrique  $P$  (figure 1).

Le ventilateur à deux vitesses permet d'avoir le débit d'air désiré.

- La grandeur à maîtriser est la **température**  $T_c$ .
- Les grandeurs incidentes sur la température sont le **débit de l'air**  $Q$ , la **température**  $T_f$  et la **puissance électrique**  $P$

Le système "aérotherme" peut alors se représenter selon la figure 2.

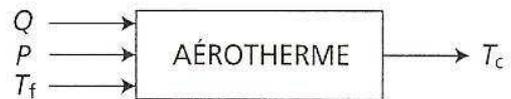
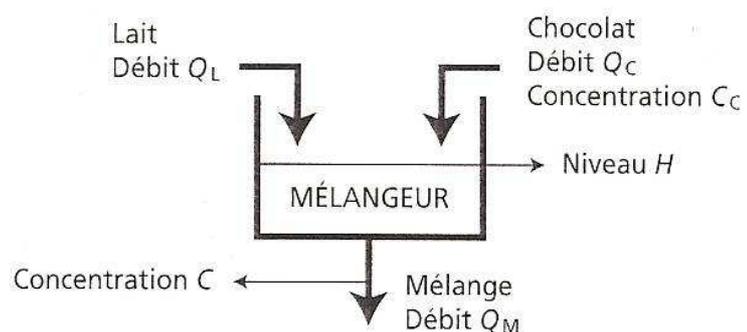


Figure 2 : Représentation de l'aérotherme

## Exemple 2 : Mélangeur de lait et de chocolat

Afin de fabriquer industriellement du lait chocolaté, on mélange du chocolat à du lait (figure 3).

Figure 3 : Mélangeur de lait et de chocolat



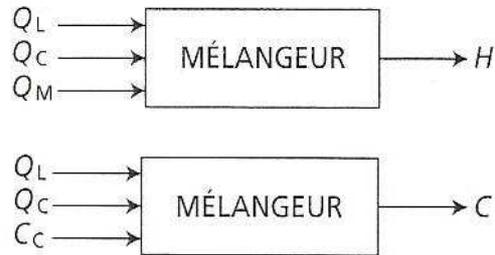
On souhaite contrôler la qualité du mélange obtenu à partir d'une analyse donnant la concentration en chocolat. Le niveau permet de connaître le volume dans le mélangeur.

- Les grandeurs à maîtriser sont le **niveau**  $H$  et la **concentration**  $C$ .
- Les grandeurs incidentes sur le niveau  $H$  sont le **débit de lait**  $Q_L$ , le **débit de chocolat**  $Q_C$ , le **débit du mélange**  $Q_M$ .

- Les grandeurs incidentes sur la concentration  $C$  du mélange sont le **débit de lait**  $Q_L$ , le **débit de chocolat**  $Q_C$ , et la **concentration en chocolat**  $C_c$ .

Le système "mélangeur" ayant deux grandeurs à maîtriser  $H$  et  $C$ , on le représente par deux schémas (figure 4).

Figure 4 : Représentations du système mélangeur



### **Exemple 3 : Aérotherme (suite)**

Le but est de maintenir constante la température  $T_c$  de l'air chaud.

On décide de réguler cette température en chaîne ouverte. La chaîne ouverte de régulation comprend alors l'observation de la température  $T_f$  (figure 5).

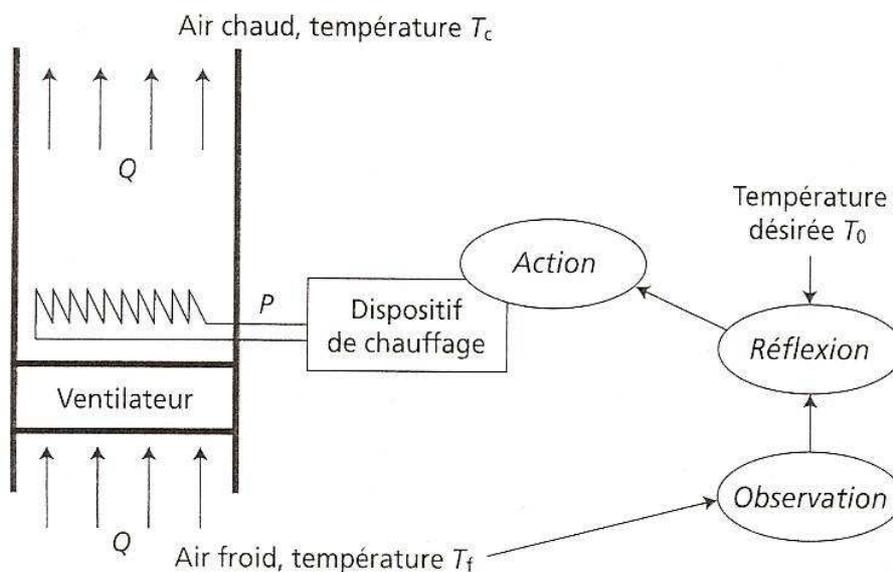


Figure 5 : Aérotherme régulé en chaîne ouverte

A la température  $T_f$  on fait correspondre une **puissance électrique**  $P$  comme par exemple  $P = k (T_0 - T_f)$  avec  $T_0$  la température désirée.

Donc pour une température désirée  $T_0$ , si  $T_f$  diminue, on **augmente** la puissance électrique. On agit alors sur la résistance électrique délivrant une quantité de chaleur due à l'effet Joule qui modifie la température  $T_c$ .

Lors d'un changement de débit d'air, la température à maîtriser  $T_c$  peut être différente de la température désirée  $T_0$ , mais l'étape de réflexion n'ayant pas le résultat réel, elle ne peut agir pour y remédier.

### Exemple 4 : Aérotherme (suite)

Le but est toujours de maintenir constante la température  $T_c$  de l'air chaud.

On décide de réguler cette température en chaîne fermée. La chaîne fermée de régulation comprend alors l'observation de la température  $T_c$  (figure 6).

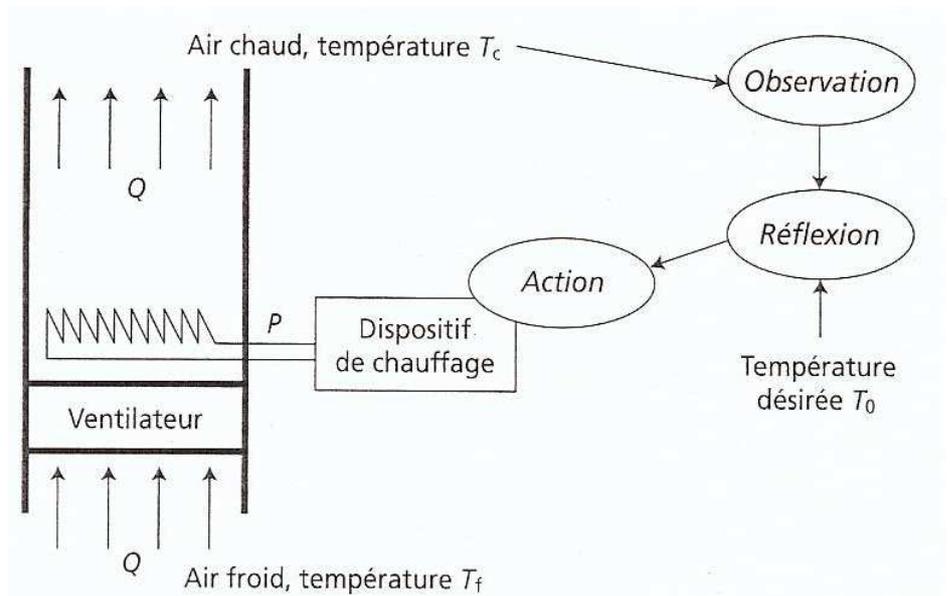


Figure 6 : Aérotherme régulé en chaîne fermée

On détermine l'écart  $T_0 - T_c$  et on fait correspondre une **puissance électrique**  $P$  comme par exemple  $P = k (T_0 - T_c)$  avec  $T_0$  la température désirée.

Donc pour une température désirée  $T_0$ , si  $T_c$  diminue, on **augmente** la puissance électrique. On agit alors sur la résistance électrique délivrant une quantité de chaleur due à l'effet Joule qui modifie la température  $T_c$ .

Lors d'un changement de débit d'air, la température à maîtriser  $T_c$  peut s'éloigner de la température désirée  $T_0$ . Cependant, l'étape de réflexion prenant en compte cette différence, la puissance électrique délivrée est modifiée en conséquence et également la température  $T_c$ .

### Exemple 5 : Mélange de lait et de chocolat (suite)

Au regard des deux schémas établis (figure 4), on observe que seules **deux** grandeurs incidentes influent à la fois sur les grandeurs à maîtriser : niveau  $H$  et concentration  $C$  du mélange. Le bon sens guide le choix des grandeurs incidentes réglantes.

Le débit  $Q_M$  est choisi comme la **grandeur réglante** permettant de modifier la grandeur à maîtriser  $H$  et la concentration  $C_c$  devient la grandeur réglante contrôlant la grandeur à maîtriser  $C$ .

Cependant, il n'est pas toujours facile techniquement, de faire varier une grandeur incidente telle que la concentration  $C_c$ . La variation d'un débit étant plus facile, le débit  $Q_c$  est alors choisi comme grandeur réglante contrôlant la grandeur à maîtriser  $C$ .

Afin d'agir sur le mélangeur, on implante une **vanne** automatique à commande progressive en guise d'**actionneur**.

Un **analyseur** fournit une mesure représentative de la concentration du mélange effectué.

Le mélangeur ainsi équipé ou instrumenté devient physiquement contrôlable par le régulateur.

Le schéma fonctionnel de la régulation de la concentration du mélangeur est alors celui de la *figure 7*.

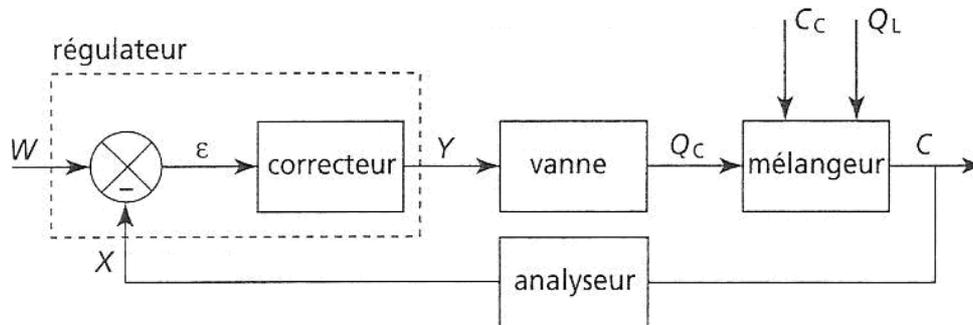
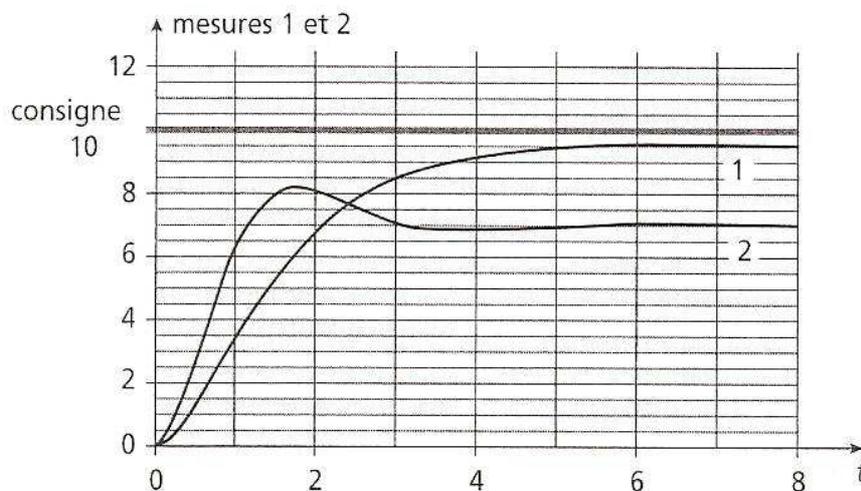


Figure 7 : Schéma fonctionnel de la régulation de la concentration du mélangeur

### **Exemple 6 : Précision statique**

Observons les mesures obtenues suite à un changement de consigne de 10 unités pour un même système mais régulé avec deux réglages différents de régulateurs.



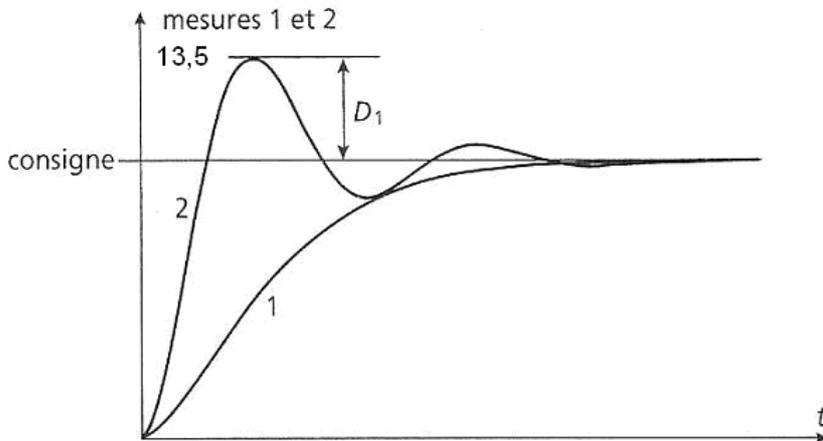
Précision statique

- La mesure de la *courbe 1* se stabilise à **9,5** unités.  
L'écart absolu constaté est donc de **0,5** unité. L'écart relatif, qui est l'écart absolu divisé par la valeur de la consigne demandée, est alors de **5 %**.
- La mesure de la *courbe 2* se stabilise à **7** unités.  
L'écart absolu constaté est donc de **3** unités. L'écart relatif est alors de **30 %**.

Le réglage du régulateur menant à la *courbe 1* est donc plus **précis** que celui menant à la *courbe 2*.

### Exemple 7 : Précision dynamique

Observons les mesures obtenues suite à un changement de consigne de 10 unités pour un même système mais régulé avec deux réglages différents de régulateurs.



*Précision dynamique*

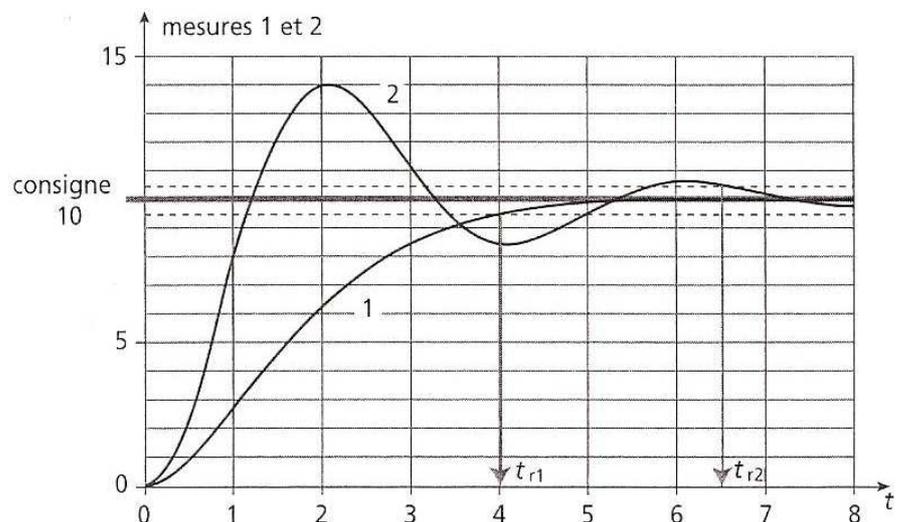
- La mesure de la *courbe 1* se stabilise à **10** unités.  
L'écart relatif est de **0 %**. La précision statique est parfaite.  
Il n'y a eu aucun dépassement de la consigne demandée, mais le système régulé est assez **lent**.
- La mesure de la *courbe 2* conduit également à une précision **statique** parfaite.  
Cependant, la mesure est montée à un maximum de **13,5** unités pendant un court instant. Le dépassement  $D_1$  absolu est de **3,5** unités ce qui entraîne un dépassement relatif de **35 %**.

Le réglage n°2 du régulateur montre une précision dynamique moins **bonne** que le réglage n°1, par contre la mesure (*courbe 2*) se rapproche plus **rapidement** de la consigne.

### Exemple 8 : Rapidité

Observons les mesures obtenues suite à un changement de consigne de 10 unités pour un même système mais régulé avec deux réglages différents de régulateurs.

*Évaluation de la rapidité par mesure du temps de réponse à 5 %*



- La mesure du réglage n°1 met **4** unités de temps pour arriver à **9,5** unités soit à -5 % de sa variation finale :  $t_{r1} = 4$  unités de temps.
- La mesure du réglage n°2 met **6,5** unités de temps pour arriver à **10,5** unités soit à +5 % de sa variation finale :  $t_{r2} = 6,5$  unités de temps.

Le système doté du réglage n°1 est considéré comme le plus *rapide*.