

Musée des arts et métiers

Automatique - Introduction

AUTOMATIQUE - INTRODUCTION

Objectif : Présentation de la discipline, de ses domaines d'application, de son but et de son évolution.

1) Définitions

L'automatique est à la fois une science et une technique qui étudie les méthodes scientifiques et les moyens techniques pour la conception et la réalisation des systèmes automatisés.

L'automatisation est l'exécution automatique de tâches domestiques, industrielles, administratives ou scientifiques sans intervention humaine.

2) Buts et motivations

L'homme a, depuis toujours, cherché à économiser son énergie musculaire en exploitant d'autres formes d'énergie : énergie animale, énergie hydraulique, énergie éolienne. L'invention du moteur électrique et du moteur thermique a renforcé cette évolution. L'homme est cependant indispensable pour le pilotage des opérations. Il assure les tâches informationnelles, bien qu'il soit soulagé des tâches opérationnelles.

Aujourd'hui, l'automatisation permet de remplacer l'homme aussi bien dans les tâches opérationnelles, que dans les tâches informationnelles. Les progrès réalisés sont dus aux développements de l'électronique et de l'informatique. Cependant, certains systèmes ne nécessitent aucun moyen de calcul.

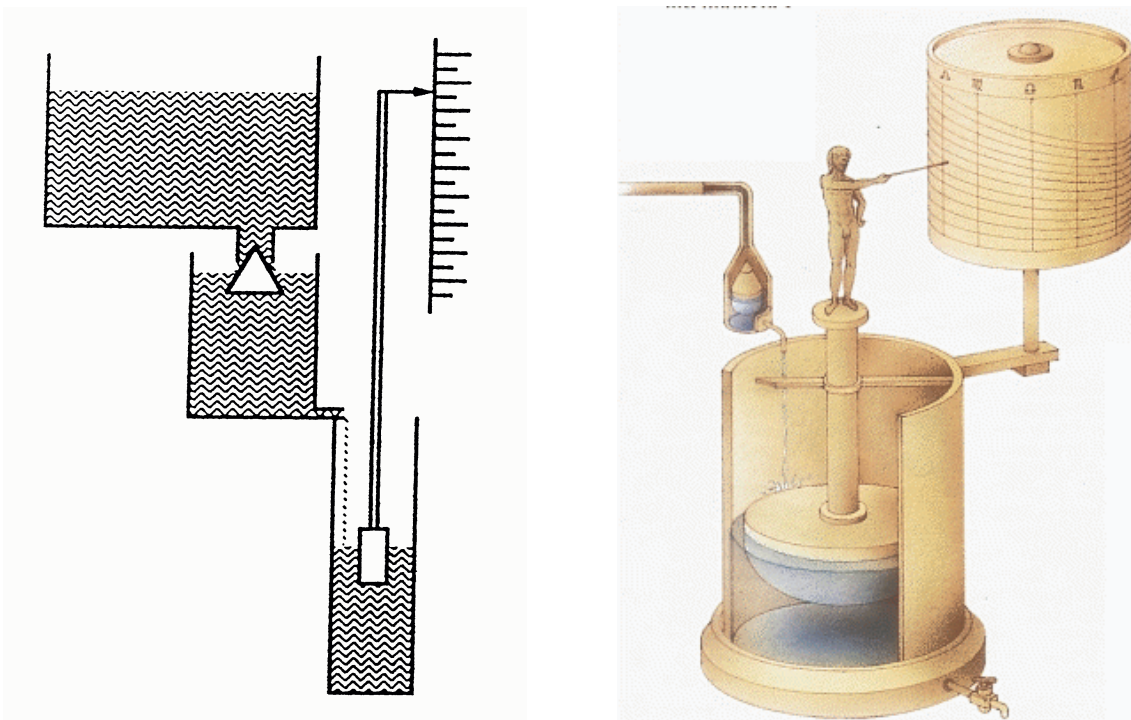
Des systèmes automatisés permettent :

- De réaliser des opérations trop complexes ou dangereuses et ne pouvant être confiées à l'homme (alunissage d'un engin spatial, maintenance et contrôle dans les centrales nucléaires)
- De substituer l'homme dans les opérations répétitives ou pénibles (électroménager, boîte de vitesses automatique, embrayage piloté)
- D'accroître la précision (applications militaires, gestion électronique de moteur thermique, ABS, ESP, pilote automatique)
- D'accroître la rentabilité et la productivité par la diminution de la main-d'œuvre (chaîne de montage, atelier automatisé)

3) Historique

- Première période : la « préhistoire » de l'automatique : de l'antiquité au milieu du 19^{ème} siècle. Des inventeurs géniaux ont conçu des systèmes automatiques de manière purement intuitive.

Dès 250 avant J.C., nous avons des exemples de régulation de niveau : L'horloge à eau (Clepsydre).



Le principe de cette horloge est d'animer la tige qui sert d'indicateur avec un mouvement à vitesse constant (donc avec une amplitude proportionnelle au temps).

Pour obtenir le déplacement, on fait varier le volume d'eau d'une manière proportionnelle au temps en utilisant un débit d'alimentation rigoureusement constant.

Dans un réservoir à écoulement libre, le débit de sortie est en général fonction de la pression, donc de la hauteur d'eau dans le réservoir. Le niveau dans le réservoir intermédiaire est contrôlé grâce à une valve liée à un flotteur qui va garantir un niveau de référence constant.

Au cours du 17^{ème} siècle, apparaissent les premières calculatrices réalisant les quatre opérations de base.



1643 œuvre de Pascal

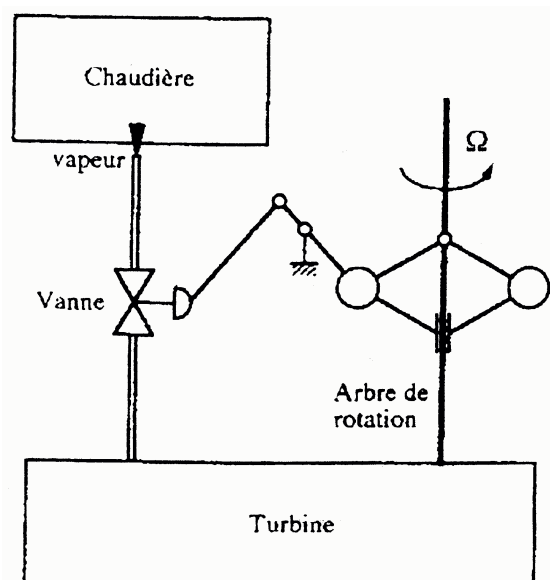
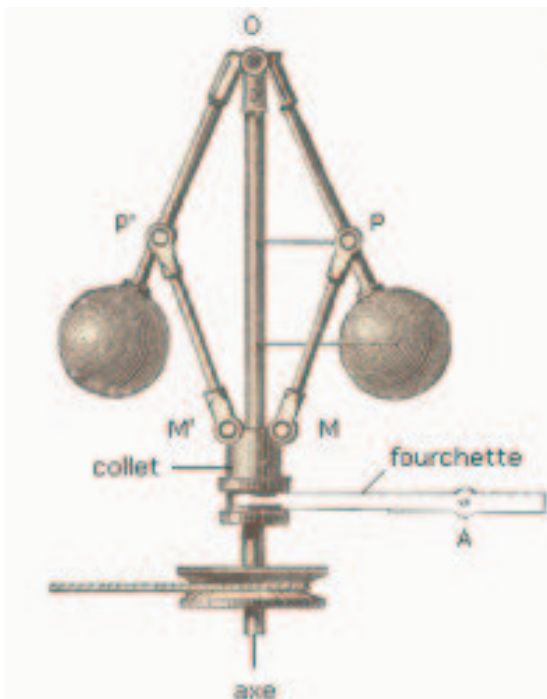


1673 œuvre de Leibniz

Plus tard, Watt et son régulateur (1788), Jacquard et son métier à tisser à cartes perforées, font progresser l'automatique.

Le régulateur de Watt a pour but de maintenir constante la vitesse de rotation d'une turbine à vapeur.

La commande d'admission de vapeur dans la turbine est contrôlée par une vanne dont on peut manœuvrer le pointeau. Un ensemble mécanique déformable constitué de masselottes et de tringles permet de mesurer la vitesse de rotation de la turbine. Le pointeau de la vanne est commandé par l'écartement des masselottes.



- Seconde période : milieu du 19^{ème} au milieu du 20^{ème} siècle.

L'empirisme fait place à une théorie du bouclage et à l'application de l'algèbre de Boole.

Des études portent sur la stabilité des systèmes de commande et l'analyse du domaine fréquentiel.

- Troisième période : depuis le milieu des années cinquante.

L'apparition des calculateurs numériques (à base de transistors) révolutionne le monde de l'automatique.

4) Relation de causalité

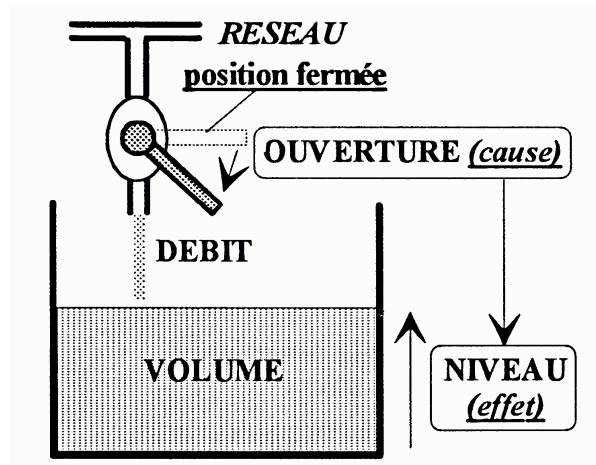
Un système automatisé établit des relations de causalité entre les grandeurs d'entrée et les grandeurs de sortie. En modélisant le comportement des différents composants du système, on peut exprimer ces relations.

Remarque

Un système à une entrée et une sortie est appelé *monovariab*le.

Un système à plusieurs entrées et sorties est appelé *multivariable*.

Exemple : système monovariab

le constitué par une vanne, l'eau qui s'écoule et le réservoir.


5) Différents types de systèmes automatisés

5.1) Systèmes linéaires, continus et invariants

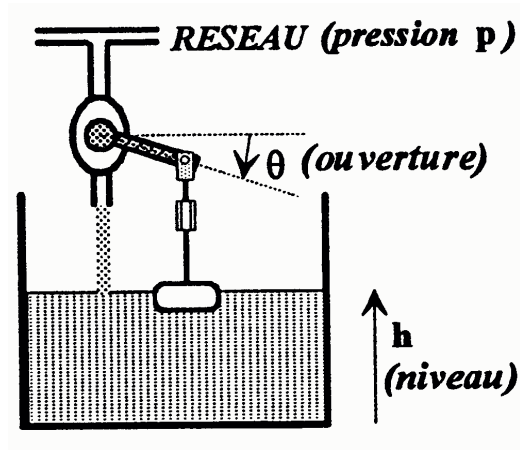
Les grandeurs d'entrée et de sortie évoluent de manière continue en fonction du temps.

Après modélisation, la relation de causalité s'exprime sous la forme d'une équation différentielle.

Exemple : système monovariab

le constitué par une vanne associée à un régulateur de niveau, l'eau qui s'écoule et le réservoir.

La tige du flotteur a une longueur l réglable qui permet de fixer la hauteur d'eau souhaitée dans le réservoir : h_{consigne} . Cette grandeur est, par choix, l'entrée du système. La grandeur de sortie retenue est la hauteur d'eau instantanée dans le réservoir : h .



Modélisation de la vanne :

On suppose qu'elle a un comportement linéaire. Soit $Q=K\theta$ où Q est le débit, K une constante et θ l'angle.

Modélisation du réservoir : relation entre débit et hauteur d'eau :

$$Q = S \frac{dh}{dt} \quad \text{où } S \text{ est la section du réservoir.}$$

Modélisation géométrique : relation entre l'angle et la hauteur :

$R \sin \theta + l + h = H$ où R est la longueur du bras de manœuvre et H la distance entre le fond du réservoir et l'axe de la vanne.

Relation de causalité : en considérant que θ est petit (on limite le domaine de validité de l'étude), on peut

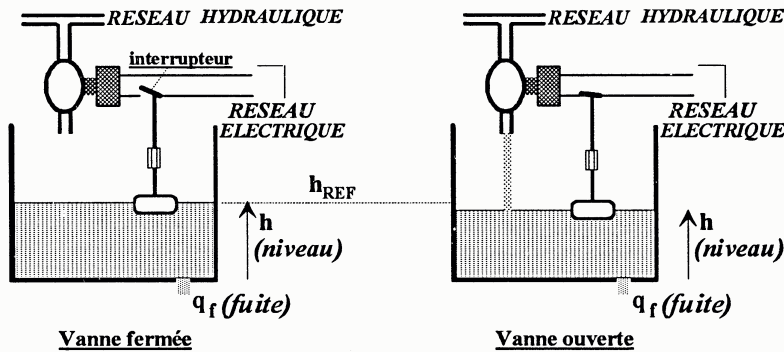
écrire la relation finale : $\frac{RS}{K} \frac{dh}{dt} + h = h_{\text{consigne}}$ ($h_{\text{consigne}} = H - l$).

Remarques : des fuites seraient à considérer comme une entrée de type perturbation.

5.2) Systèmes combinatoires

Les grandeurs d'entrée et de sortie sont des grandeurs binaires. La commande est appelée TOR (Tout Ou Rien). Les grandeurs de sortie s'expriment comme une combinaison des grandeurs d'entrée.

Exemple : système constitué par une vanne électrique, un flotteur commandant un interrupteur, l'eau qui s'écoule et le réservoir.



Soient V et i les variables booléennes traduisant le fonctionnement de la vanne (V=1 la vanne est ouverte, V=0 la vanne est fermée) et de l'interrupteur (i=1 l'interrupteur est fermé, i=0 l'interrupteur est ouvert).

Le fonctionnement du système est traduit par les relations suivantes :

$$\text{si } h < h_{\text{réf}}, \text{ alors } V=1 \text{ et } i=1 \text{ et si } h \geq h_{\text{réf}}, \text{ alors } V=0 \text{ et } i=0.$$

$$\text{soit } V=i.$$

Remarque : du fait des fuites, l'auto-oscillation du système peut nuire à sa durée de vie.

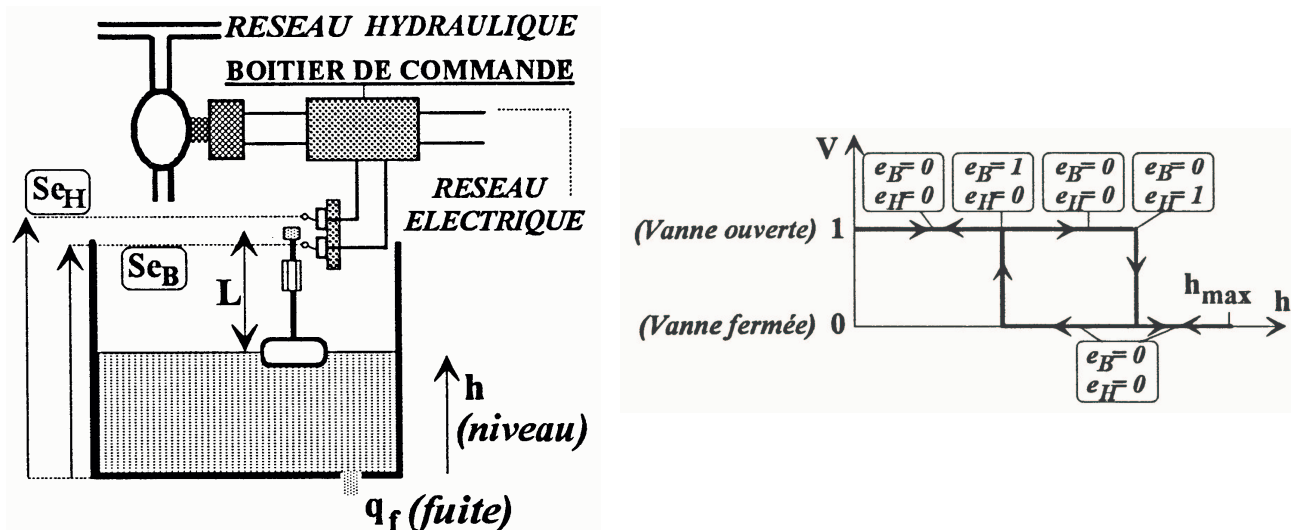
5.3) Systèmes séquentiels

Les grandeurs d'entrée et de sortie sont des grandeurs binaires. Les grandeurs de sortie ne peuvent pas s'exprimer comme une combinaison des grandeurs d'entrée. En effet pour un même état des entrées, on n'a pas forcément les même sorties. Une notion d'état du système, de mémoire, se rajoute.

Exemple : système constitué par une vanne électrique, un boîtier de commande permettant de maintenir le niveau entre un seuil haut et un seuil bas, un flotteur commandant deux interrupteurs, l'eau qui s'écoule et le réservoir.

On note respectivement $e_H=0$ ou 1 et $e_B=0$ ou 1 l'état ouvert ou fermé de l'interrupteur correspondant au seuil haut ou bas.

On peut traduire le fonctionnement de la commande par le graphe suivant :



Sur le graphe, on remarque que la vanne peut être ouverte ou fermée pour un même état des entrées ($e_B=0$ et $e_H=0$).

La mise en équation est impossible. Il faut utiliser un outil de description pour tenir compte de la succession des opérations, de séquences.