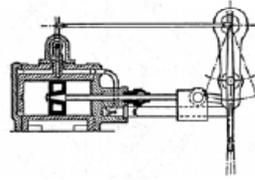
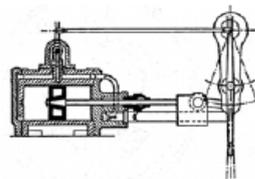

Automatique continue



« L'insolite étrangeté de cette curieuse bizarrerie me plonge dans une perplexité qui m'intrigue. »

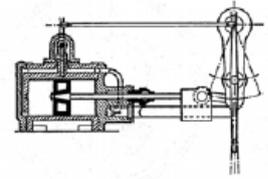
Achille Talon

Chapitre 1



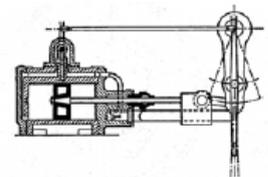
Introduction à l'automatique continu :
asservissement des systèmes

Plan



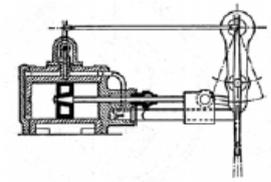
- 1. Principe et définitions
- 2. Schémas-fonctionnels des Systèmes Asservis
- 3. Un peu d'histoire

1. Principe et définitions



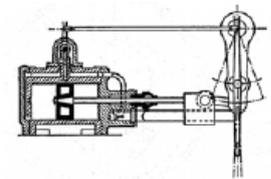
- L'automatique est l'art d'analyser, de modéliser puis de commander les systèmes.
- Ses domaines d'application sont aussi nombreux que variés : mécanique, électromécanique, électronique, thermique, biotechnologie, industrie spatiale, industries de transformation, économie...

1. Principe et définitions



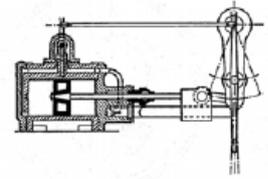
- Les **asservissements** (ou systèmes asservis, en abrégé SA) constituent la branche de l'automatique qui traite les phénomènes physiques **sous forme analogique** (évolution continue des variables d'un système isolé).
- On distinguera cette notion de celle des asservissements numériques (évolution discrète des variables du système).

1. Principe et définitions



- **Notion de système :**
 - Un système est un ensemble de processus physique-chimiques en évolution.
 - Des actions sur le système (entrées) sont effectuées dans le but d'obtenir des objectifs donnés (sorties).

1. Principe et définitions

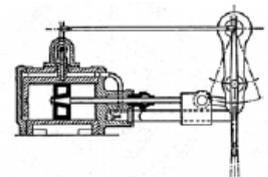


- **Les signaux relatifs à un système sont de deux types**

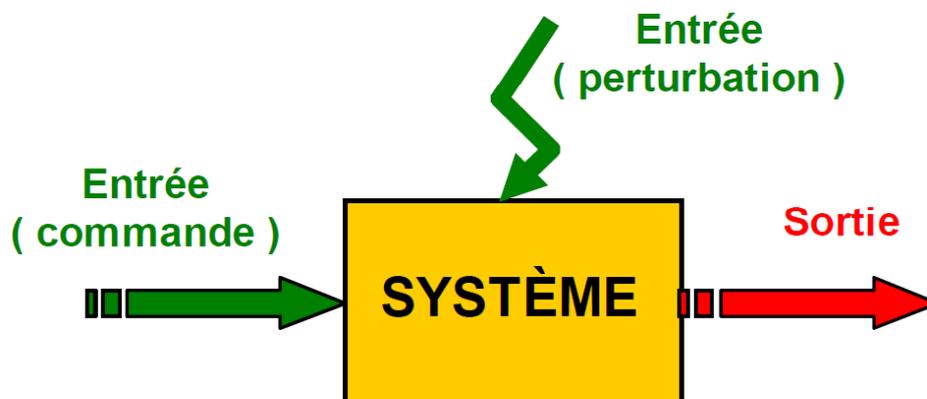
- **Signaux d'entrées** : ils sont indépendants du système et peuvent être commandables (consignes) ou non commandables (perturbations).
- **Signaux de sorties** : ils sont dépendants du système et du signal d'entrée.

- Pour évaluer les objectifs, ces signaux doivent être observables (utilisation de capteurs).

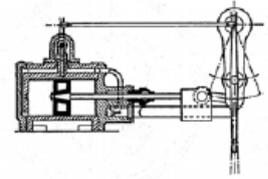
1. Principe et définitions



- Le schéma ci-dessous illustre un système à une entrée de commande, une sortie et une entrée de perturbation :



1. Principe et définitions



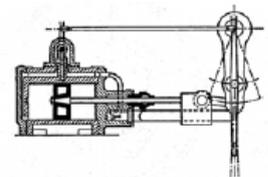
■ Elaboration de la commande

- Le bloc de commande : C'est l'organe permettant de traduire la consigne en une grandeur de commande compatible avec le système.

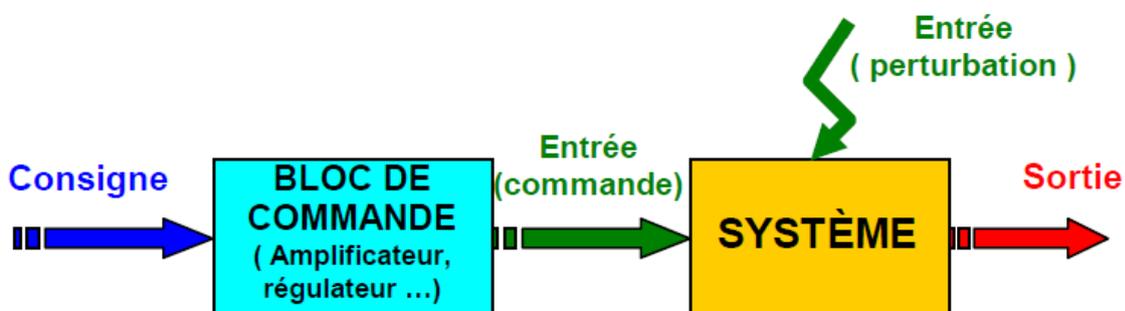
C'est par exemple, un amplificateur suiveur de puissance pour la commande de vitesse d'un moteur à courant continu.

- La commande : C'est la grandeur susceptible de changer l'état du système et en particulier l'état de la sortie.

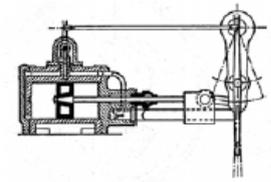
1. Principe et définitions



■ Elaboration de la commande



1. Principe et définitions

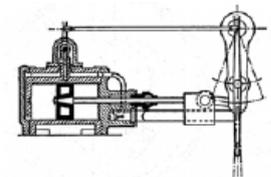


■ Performances d'un système :

- Afin de comparer les systèmes entre eux ou bien encore d'améliorer leur capacité, il est tout d'abord indispensable de caractériser leurs performances

- 3 critères sont généralement retenus :
 - La précision
 - La vitesse
 - La robustesse du système aux perturbations (stabilité)

1. Principe et définitions



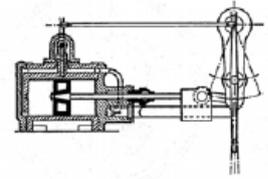
■ On distingue 2 grands types de systèmes :

- **Les systèmes en Boucle Ouverte (BO)** : pas d'information sur les variations du signal de sortie du système.

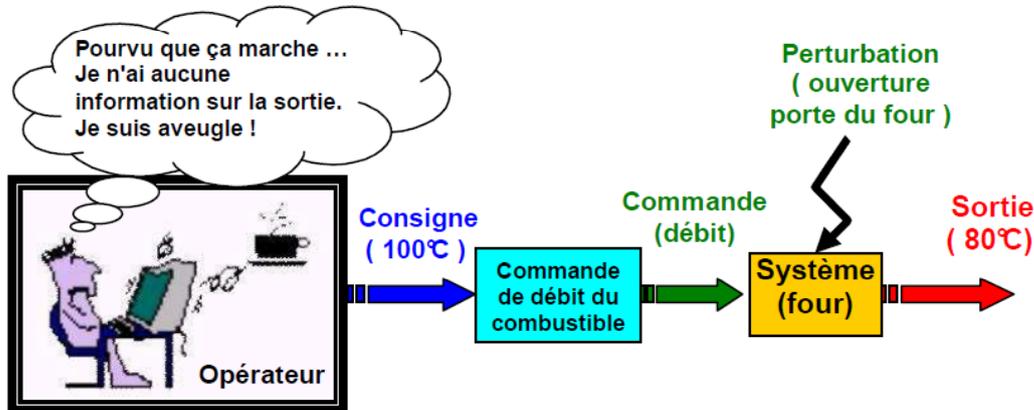
- **Les systèmes bouclés ou encore en Boucle Fermée (BF)** : **rétroaction** de la sortie sur l'entrée du système.

- **Exemple**
 - Gestion de la température d'un four industriel au moyen de l'admission de combustible

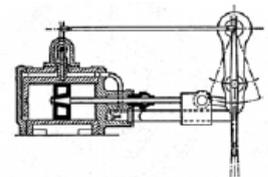
1. Principe et définitions



■ Système en BO : Principe



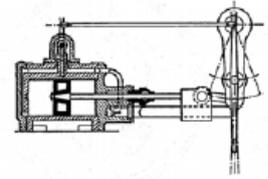
1. Principe et définitions



■ Système en BO : Inconvénients

- N'ayant aucune information sur la sortie, l'opérateur ne peut élaborer aucune stratégie d'ajustement pour obtenir la sortie désirée.
- Aucun contrôle de la commande n'est réalisé. Les perturbations impactent directement sur le système sans pouvoir être compensées.
- D'une manière générale ce type de système est peu utilisable en milieu industriel en raison de leurs mauvaises performances

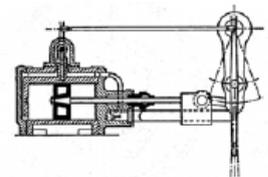
1. Principe et définitions



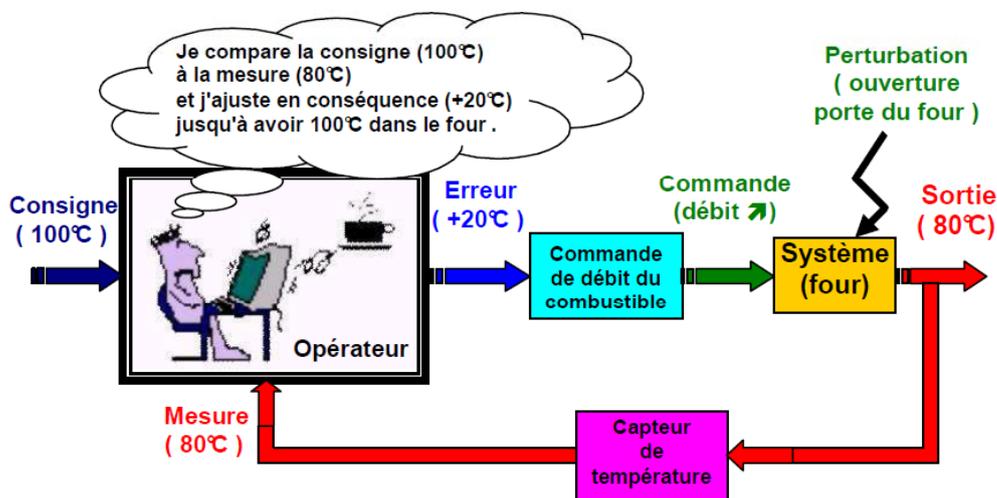
■ Système en BO : Cas particuliers utilisables

- **Four domestique** : La commande d'un four domestique (non équipé d'un thermostat) se fait par un sélecteur rotatif et la température atteint une valeur stable.
- **Système d'arrosage** : Pour un réseau d'arroseurs, l'ouverture simple de la vanne principale permet d'avoir un débit stable des arroseurs.
- ...

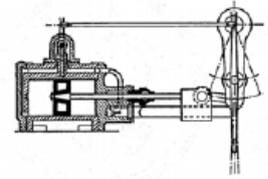
1. Principe et définitions



■ Système en BF : Principe



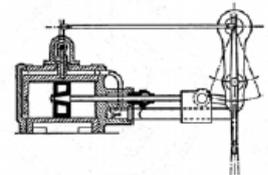
1. Principe et définitions



■ Système en BF : Avantages

- Contrôle de l'exécution de la commande par rétroaction de la sortie sur l'entrée du système.
- (i) **On se dédouane des perturbations extérieures,**
- (ii) **Possibilité de réguler le système pour suivre aussi précisément que possible la consigne.**
- On a donc un impact direct sur les performances du système

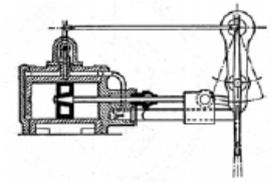
1. Principe et définitions



■ Système Asservi (SA)

- Il s'agit d'un système en BF pour lequel **la grandeur de sortie suit aussi précisément que possible les variations de la grandeur d'entrée** (ordre ou consigne) quelque soient les effets perturbateurs extérieurs.
- Si **la commande est constante dans le temps** on parle de système de type **régulateur**
- Si **la commande évolue au cours du temps**, on parle d'**asservissement** (ou de système suiveur)

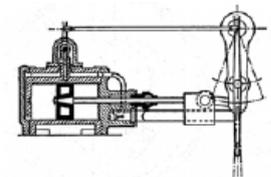
1. Principe et définitions



■ Système Asservi (SA)

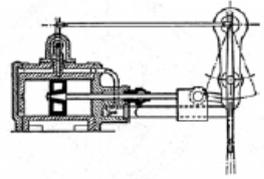
- On peut aussi les classer en fonction du type de signal de commande.
- Les **systèmes asservis continus gèrent des signaux analogiques**
- Les **systèmes asservis échantillonnés gèrent des signaux discrets ou échantillonnés** c'est-à-dire des signaux découpés tels qu'entre deux instants d'échantillonnage, la chaîne d'action soit soumise à une consigne constante (cours d'option).

Plan



- 1. Principe et définitions
- 2. Schémas-fonctionnels des Systèmes Asservis
- 3. Un peu d'histoire

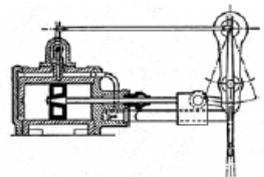
2. Schémas-fonctionnels des SA



■ L'analyse fonctionnelle

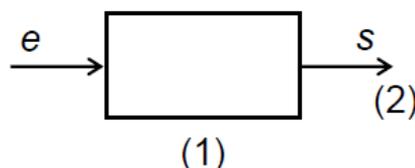
- Afin de pouvoir étudier un SA, il est tout d'abord indispensable de décrire son fonctionnement sous forme d'une analyse fonctionnelle **visant à en identifier les différentes parties le constituant** (entrée, sortie, fonctions, variables intermédiaires...)
- Une fois ces différentes parties identifiées, il est alors commode de caractériser le SA par **son schéma-fonctionnel** (ou **schéma-bloc**) correspondant.

2. Schémas-fonctionnels des SA

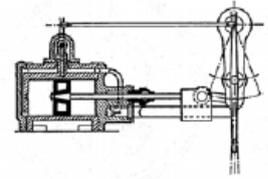


■ Schéma fonctionnel (ou schéma-bloc)

- Un schéma-bloc se constitue d'un ensemble de « briques » élémentaires. Ces « briques » sont :
- **Le rectangle (1)** qui représente un élément ou groupe d'éléments du système,

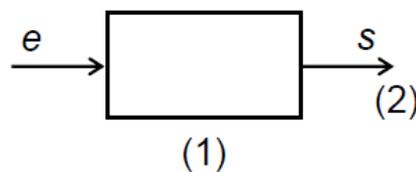


2. Schémas-fonctionnels des SA

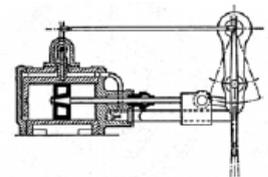


■ Schéma fonctionnel (ou schéma-bloc)

- Un schéma-bloc se constitue d'un ensemble de « briques » élémentaires. Ces « briques » sont :
- **La flèche (2)** qui représente une grandeur physique entrant ou sortant d'un élément,

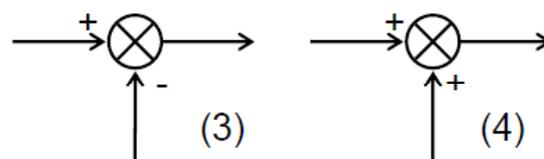


2. Schémas-fonctionnels des SA

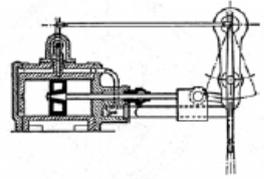


■ Schéma fonctionnel (ou schéma-bloc)

- Un schéma-bloc se constitue d'un ensemble de « briques » élémentaires. Ces « briques » sont :
- **Le comparateur (3) ou le sommateur (4)** qui soustrait ou ajoute une même grandeur physique,

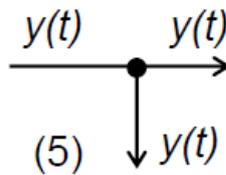


2. Schémas-fonctionnels des SA

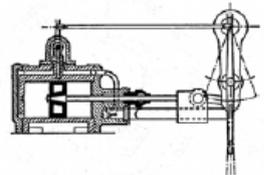


■ Schéma fonctionnel (ou schéma-bloc)

- Un schéma-bloc se constitue d'un ensemble de « briques » élémentaires. Ces « briques » sont :
- **Le branchement (5)** qui représente un prélèvement d'information.

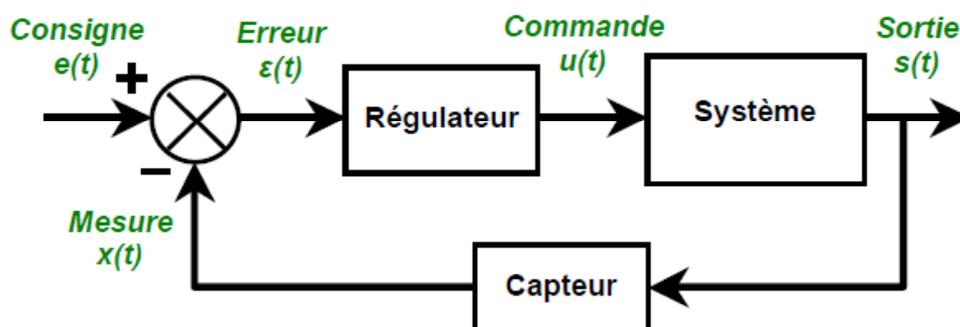


2. Schémas-fonctionnels des SA

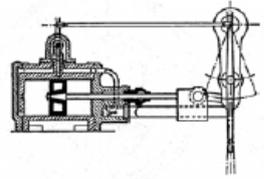


■ Schéma fonctionnel (ou schéma-bloc)

- A partir de ces simples éléments, il est alors possible de donner le schéma fonctionnel général d'un système asservi :



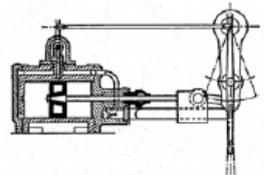
2. Schémas-fonctionnels des SA



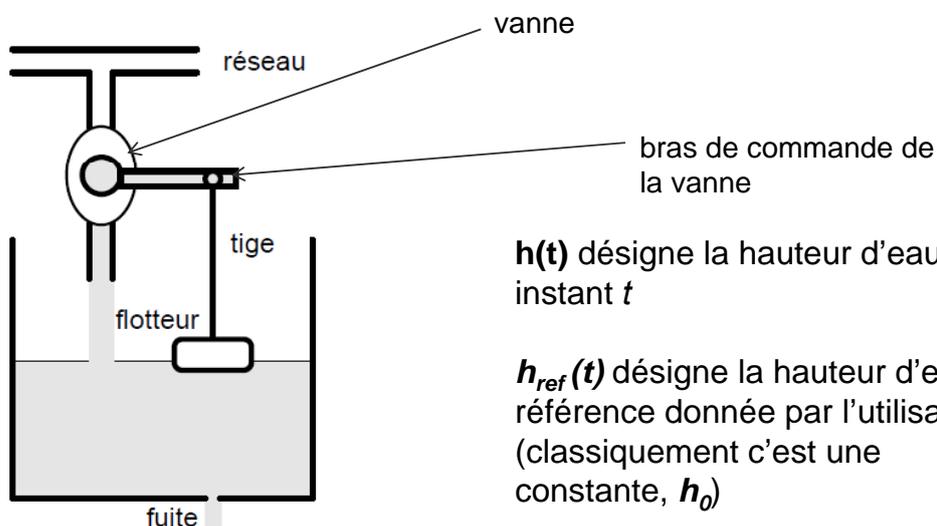
■ Schéma fonctionnel (ou schéma-bloc)

- Les grandeurs d'entrée/sorties sont des **grandeurs temporelles**
- Le signal **e** est la consigne donnée par l'utilisateur
- Le signal **s** est la sortie du système
- **x** est l'image de la sortie via le capteur
- L'asservissement se caractérise par l'apparition d'un signal d'erreur noté ε tel que : $\varepsilon(t) = e(t) - x(t)$

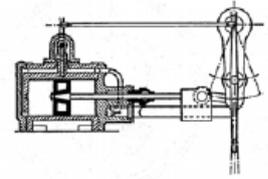
2. Schémas-fonctionnels des SA



■ Exemple : Régulation du niveau d'eau d'une cuve

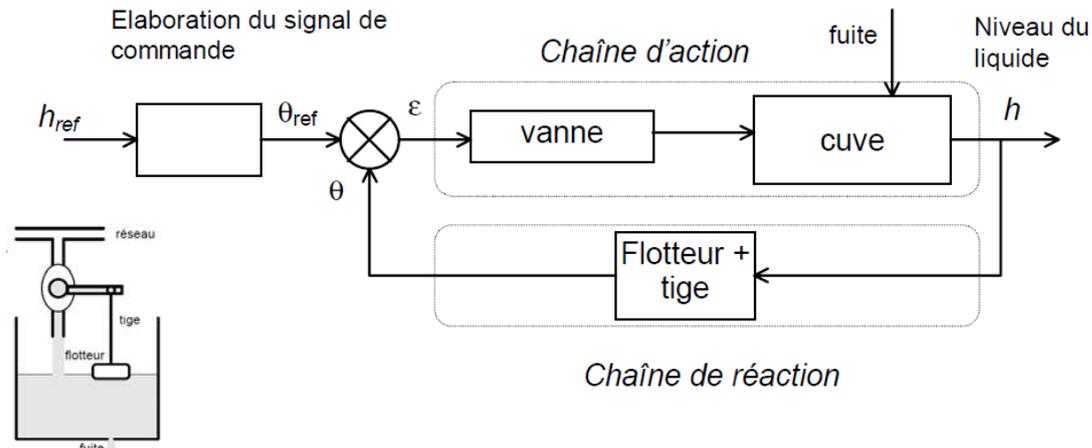


2. Schémas-fonctionnels des SA

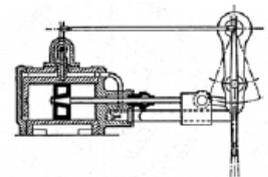


■ Exemple : Régulation du niveau d'eau d'une cuve

□ Schéma fonctionnel

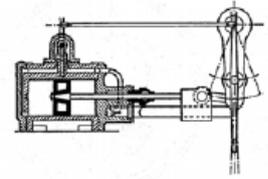


Plan



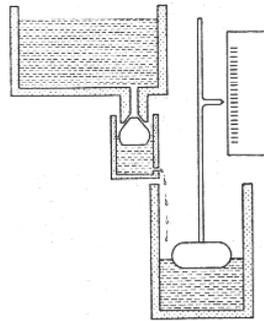
- 1. Principe et définitions
- 2. Schémas-fonctionnels des Systèmes Asservis
- 3. Un peu d'histoire

3. Un peu d'histoire

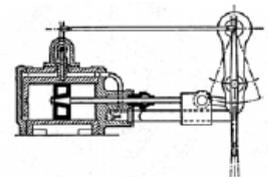


■ Chronologie de l'automatique

- ~ 250 av JC premières réalisations d'automatismes par les grecs dans l'irrigation et le comptage du temps (clepsydre de Ktesybios).

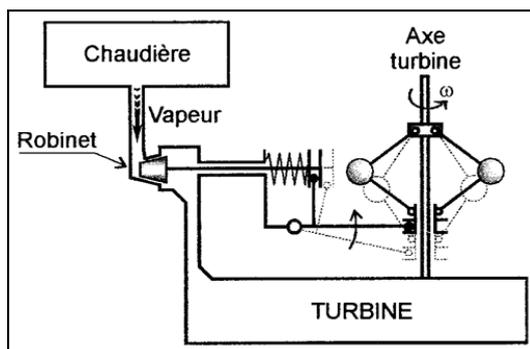


3. Un peu d'histoire

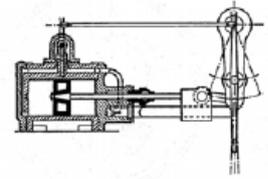


■ Chronologie de l'automatique

- **1785** : Régulateur à boules de James Watt pour la machine à vapeur permettant l'adaptation de la vitesse de rotation d'un arbre à la variation de la charge.

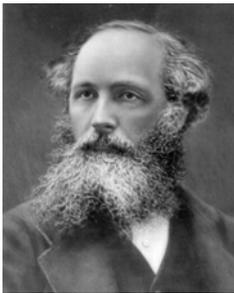


3. Un peu d'histoire

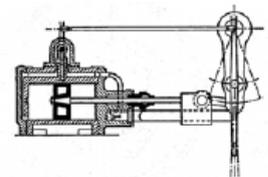


■ Chronologie de l'automatique

- **XIX^{ème}** : Concepts mathématiques sur l'automatique notamment étude des instabilités des systèmes : James Clerk Maxwell (1831–1879), Edward J. Routh (1831–1907), Augustin–Louis Cauchy (1789–1857), Charles Sturm (1803–1855)...



3. Un peu d'histoire

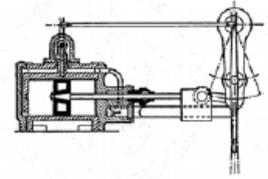


■ Chronologie de l'automatique

- **fin XIX début XX^{ème}** : Régulations électriques (tension, fréquence...). Introduction du régulateur PID par Elmer Sperry en 1911. Théorie des amplificateurs à contre-réaction par Harold Stephen Black et Harry Nyquist qui étudie les équations différentielles dans le domaine fréquentiel.



3. Un peu d'histoire



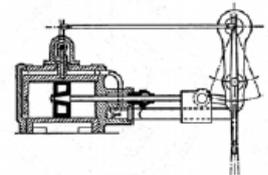
■ Chronologie de l'automatique

- **Milieu du XX^{ème}** Etude théorique des servomécanismes par l'analyse fréquentielle. Introduction des notions de marge par Hendrik Bode. Perfectionnement du PID en technologie pneumatique et notamment énoncé des règles de réglage du PID par J.G. Ziegler et N.B. Nichols. Premiers calculateurs numériques à relais.



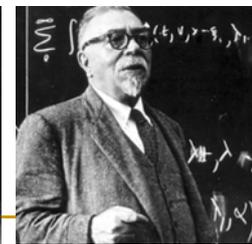
Hendrik
Bode

3. Un peu d'histoire

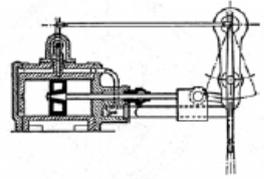


■ Chronologie de l'automatique

- **Après la seconde guerre mondiale** : Application au guidage des missiles et des avions
- Utilisation de la transformation de Laplace et de la notion de fonction de transfert (Albert C. Hall).
- Théorie de l'information de Claude Shannon et Norbert Wiener.



3. Un peu d'histoire



■ Chronologie de l'automatique

- **Après 1950** : étude des représentations d'état, de la commande optimale, des systèmes échantillonnés et des systèmes non linéaires.

- Avec les développements de l'électronique et de l'informatique, amélioration à tous les niveaux dans les études des systèmes automatiques.

- Les modèles de la cybernétique servent de support à l'étude générale des systèmes.