



Université des Frères Mentouri - Constantine 1
Faculté de Science de la Technologie
Département Génie des Transports
3^{ème} Année Licence Traction Electrique
Module Commande et Régulation



Chapitre 1

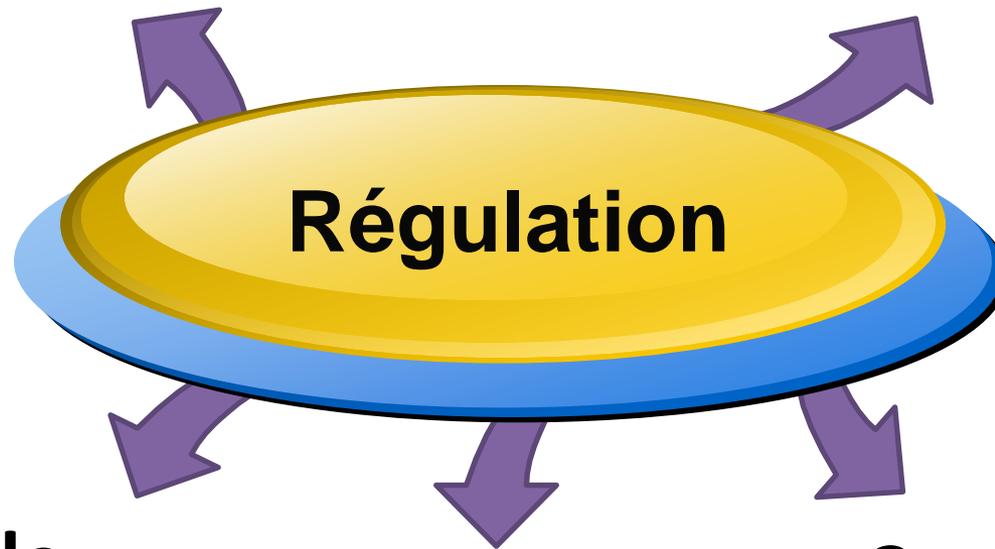
Présenté par Dr. H. BOUZERIA

Email : bhamza23000@gmail.com

Année universitaire 2019/2020

Asservissement

Réglage



Régulation

Contrôle

Observation

Commande

1 - Notion sur l'automatique

L'automatique est généralement définie comme la science qui traite des ensembles qui se suffisent à eux-mêmes et où l'intervention humaine est limitée à l'alimentation en énergie et en matière première.

L'objectif de l'automatique ????

L'objectif de l'automatique est de remplacer l'homme dans la plupart des tâches (tâches répétitives, pénibles, dangereuses, trop précises, trop rapides) qu'il réalise dans tous les domaines sans intervention humaine.

1 - Notion sur l'automatique

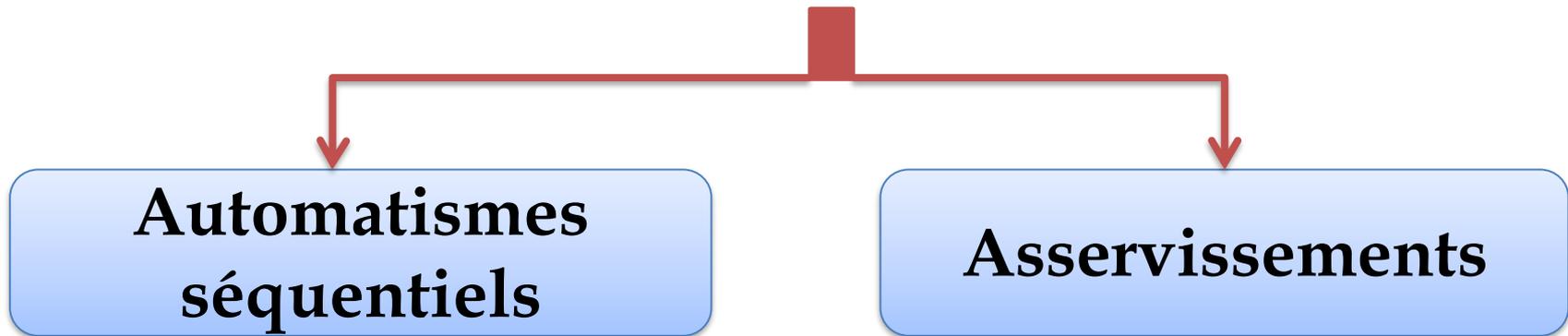
Les systèmes automatiques permettent donc :

- de réaliser des opérations trop complexes ou délicates ne pouvant être confiés à l'homme,
- de se substituer à l'opérateur pour des tâches répétitives,
- d'accroître la précision,
- **d'améliorer** ou **optimiser** ou **adapter** la stabilité d'un système et sa rapidité.

EXEMPLE d'un Système automatique

1-1 - Classification

En résumé deux grandes familles selon les données que traitent ces systèmes :



1-1-1- Automatismes séquentiels

Un automatisme à séquence impose l'ordre dans lequel les opérations se déroulent, s'assure que chaque opération est bien terminée avant d'aborder la suivante, décide de la marche à suivre en cas d'incidents.

Ils sont classés en 2 branches :

- Systemes combinatoires : les sorties du système ne dépendent que des variables d'entrées.
- Systemes séquentiels : les sorties dépendent bien sûr de l'évolution des entrées mais aussi de l'état précédent des sorties.

1-1-2- Asservissements

Un système asservi est un système qui prend en compte, durant son fonctionnement, **l'évolution** de ses **sorties** pour les **modifier** et les **maintenir conforme** à **une consigne**.

Cette branche de l'automatique se décompose en deux autres sous branches (séparées *artificiellement* par l'usage) :

1-1-2- Asservissements

- **Régulation** : maintenir une variable déterminée, constante et égale à une valeur, dite de consigne, sans intervention humaine.

Exemple : Régulation de température d'une pièce.

- **Systemes asservis** : faire varier une grandeur déterminée suivant une loi imposée par un élément de comparaison.

Exemple : Régulation de la vitesse d'un moteur, Suivi de trajectoire d'un missile.



La théorie des asservissements nécessite une bonne
base mathématique classique.

Autrement dit :

➤ Asservissement

Un système asservi est un système dit suiveur, c'est la consigne qui varie.

➤ Régulation

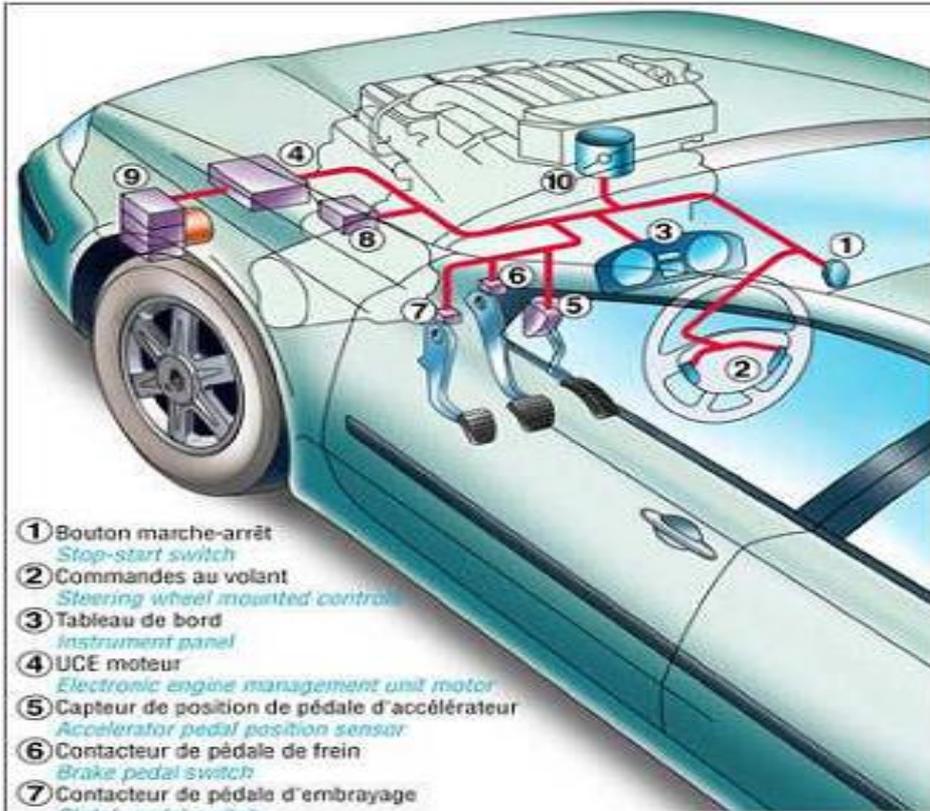
Dans ce cas, la consigne est fixée et le système doit **compenser l'effet des perturbations**,

Exemple :

- le réglage de la température dans un four,
- de la pression dans un réacteur (ou un réservoir de huile),
- Le niveau d'eau dans un réservoir.

Exemples

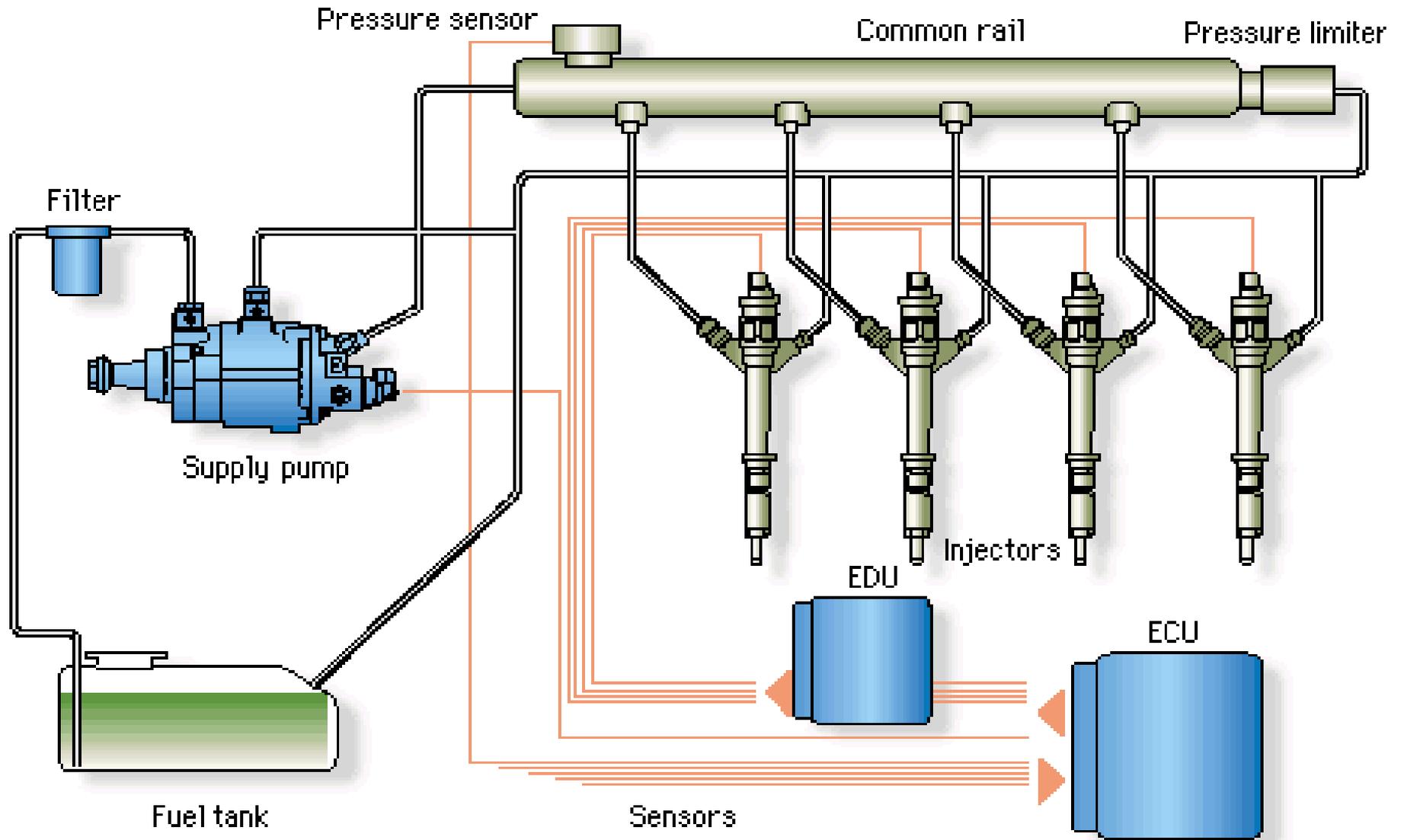
Commande (régulation) de la vitesse d'une voiture



Régulateur-limiteur de vitesse
Cruise control-speed limiter



Exemples



Common Rail DFI system

EDU : electronic driver unit
ECU : electronic control unit

Remarque

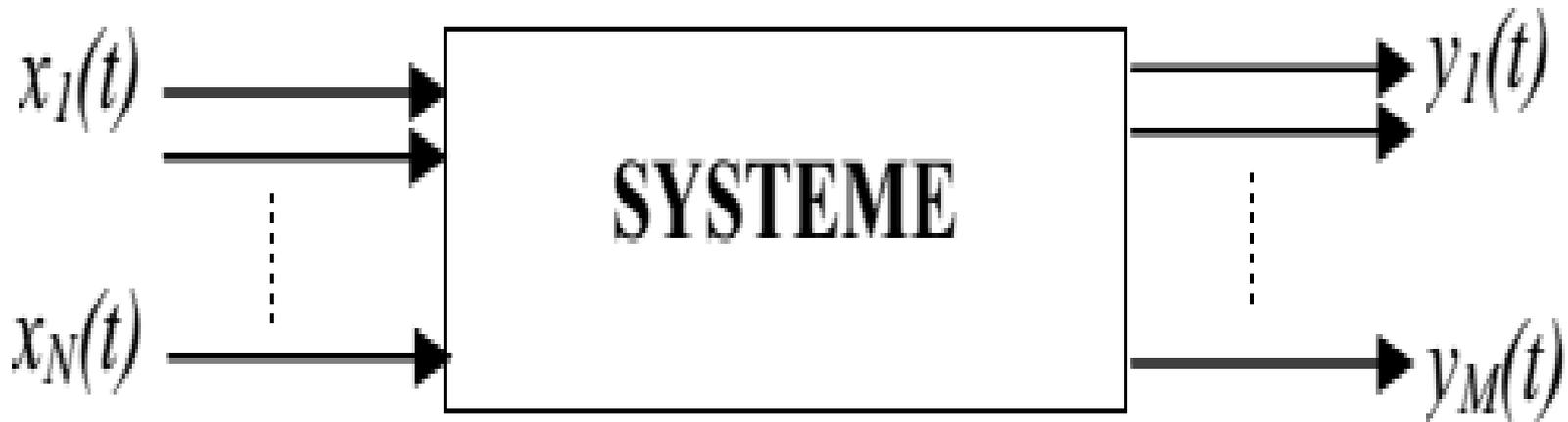
Pour le technicien de régulation le terme procédé désigne une partie ou un élément d'une unité de production industrielle ;

**La relation entre régulation et
procédé ((système) ou processus)**

Systeme et régulation forment un tout indissociable.

SYSTÈME

Un système peut être défini comme un ensemble d'éléments exerçant collectivement une fonction déterminée. Un système communique avec l'extérieur par l'intermédiaire de grandeurs, fonctions du temps, appelés signaux.



Qu'est-ce qu'un système et pourquoi les étudier ?

- La science et l'ingénierie s'intéressent depuis longtemps à la notion de système, la première pour **mieux les comprendre**, l'autre pour **mieux les construire**.
- La notion de système est d'autant plus difficile à cerner qu'elle a été étudiée sous différents angles et dans différents contextes : systèmes naturels, comme le système gravitationnel du soleil, de ses planètes et de leurs satellites ; systèmes sociaux, comme la ville, avec ses habitants, ses activités, ses transports, etc. ; systèmes technologiques, comme un vaisseau spatial, son fonctionnement mécanique et électronique, ses instruments de pilotage, ses instruments scientifiques, etc.
- L'une des principales raisons d'étudier les systèmes est **de savoir les contrôler**, c'est-à-dire **agir sur certaines de leurs propriétés**, sur lesquelles il est possible d'avoir prise, de manière à **en influencer** d'autres (performance, consommation, etc.) qui ont un intérêt particulier pour les utilisateurs.

- Comprendre les différents modèles de systèmes :
continus, discrets, hybrides, leurs interrelations et leur utilisation pour **spécifier et modéliser les systèmes auto-adaptables.**

Pour répondre correctement au besoin pour lequel il a été conçu, un système doit « produire » une **réponse (sortie)** qui respecte au mieux la **consigne (entrée)**.

Exemple : étuve thermique



2- Modélisation des systèmes

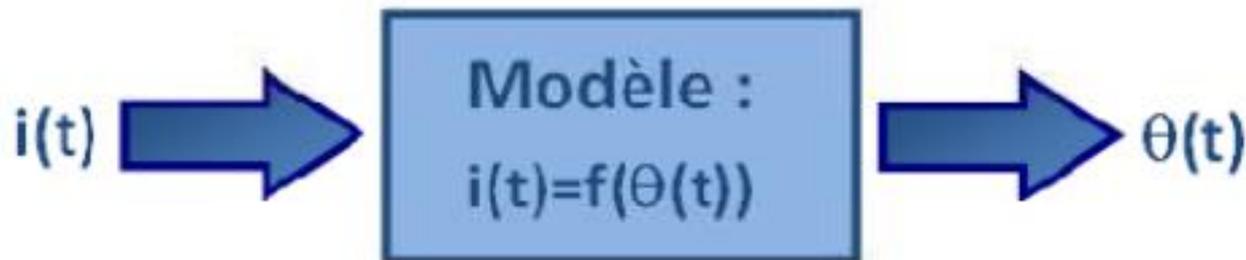
- Définition :

La modélisation est **la conception** d'un modèle. Selon son **objectif** et les **moyens utilisés**, la modélisation est dite mathématique, géométrique, 3D, empirique, mécaniste (ex : modélisation de réseau trophique dans un écosystème), cinématique...

Elle nécessite généralement d'être calée par des observations ou mesures faites in situ, lesquelles servent aussi à **paramétrer**, **calibrer** ou **ajuster** le « modèle », par exemple en intégrant **des facteurs d'influences** qui s'avèreraient nécessaire.

2- Modélisation des systèmes

Ces deux grandeurs sont liées entre elles par une loi physique, traduite par une équation mathématique **plus ou moins complexe**, qui est le **MODELE** du système :



$i(t)$: valeur du courant parcourant la résistance chauffante et proportionnelle à la consigne de température.

$\theta(t)$: température dans l'enceinte de l'étuve

2- Modélisation des systèmes

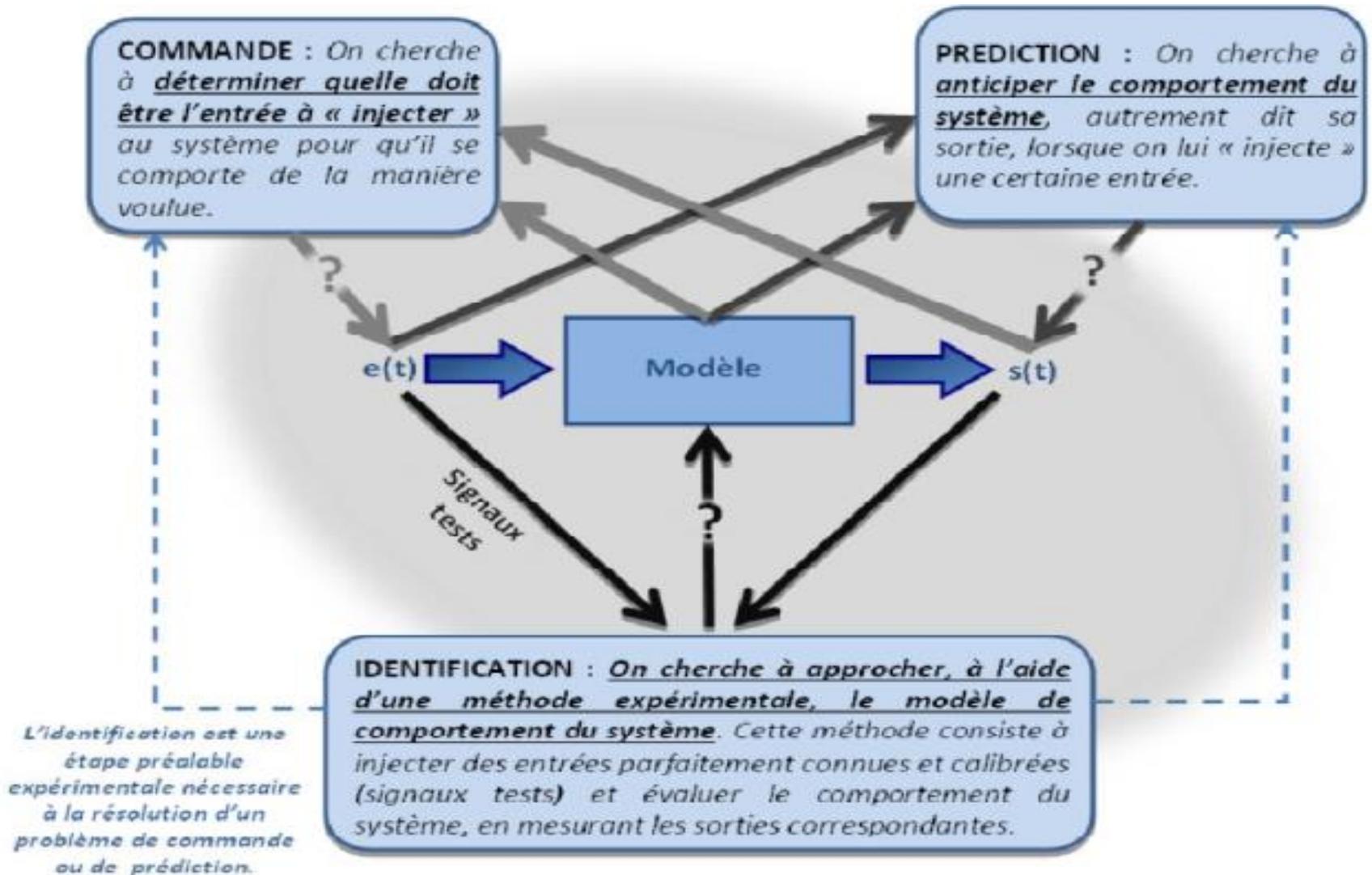
On parlera de :

- **MODELE DE CONNAISSANCE** lorsque le modèle est théorique.
- **MODELE DE COMPORTEMENT** lorsque ce dernier est déterminé expérimentalement.

Etant donné que le **modèle** traduit la relation entre **l'entrée** et **la sortie**, la connaissance de deux d'entre eux doit permettre la détermination du troisième.

Modélisation des systèmes

L'étude des systèmes continus peut donc conduire à rencontrer 3 types de problèmes :



Limites d'études : systèmes linéaires, continus et invariants

- Nous nous limiterons à l'étude des systèmes pour lesquels les grandeurs d'entrée et de sortie évoluent de manière continue dans le temps.
- Nous ferons l'hypothèse que le modèle, qui traduit la manière dont se comporte le système, est invariant, c'est-à-dire qu'il reste identique et valable à chaque instant.
- Enfin, nous restreindrons nos études aux cas des systèmes linéaires.
- Un système est LINEAIRE s'il possède les propriétés suivantes :

Systemes continus et invariants

- Systeme continu : un systeme est dit continu lorsque les variations des grandeurs physiques le caracterisant sont des fonctions du type $f(t)$, avec t une variable continue, le temps en general.

On oppose les systemes continus aux systemes discrets (ou echantillones), par exemple les systemes informatiques.

- Systeme invariant : On dit qu'un systeme est invariant lorsque les caracteristiques de comportement ne se modifient pas avec le temps.

Si $u_1(t)$ est la sortie obtenue en appliquant $E_1(t)$ et $u_2(t)$ celle obtenue en appliquant $E_2(t)$

alors $\forall \alpha \in \mathbb{R}, \forall \beta \in \mathbb{R}$, en appliquant à l'entrée $E(t) = \alpha E_1(t) + \beta E_2(t)$, le système génère la sortie $u(t) = \alpha u_1(t) + \beta u_2(t)$.

Modélisation des systèmes

Dans la majorité des cas, le modèle de connaissance du système est alors une équation différentielle à coefficients constants de la forme :

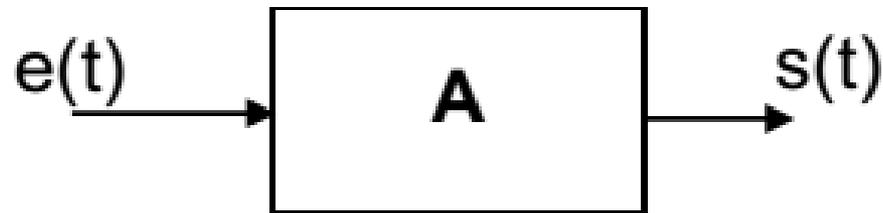
$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n s(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} s(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{ds(t)}{dt} + a_0 s(t) \\ = b_m \frac{d^m e(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} e(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{de(t)}{dt} + b_0 e(t) \end{aligned}$$

Une **équation différentielle** est un **outil mathématique** puissant pour la **modélisation** et la **simulation d'un système monovariante** : lorsque l'entrée $e(t)$ et les n conditions initiales sont connues, elle permet de calculer la sortie $s(t)$.

Les systèmes réels étudiés impliquent ($m \leq n$); n est appelé ORDRE DU SYSTEME.

Mise en équation d'un système Linéaire

Considérons un système quelconque A, le plus général possible, possédant une entrée $e(t)$ et une sortie $s(t)$



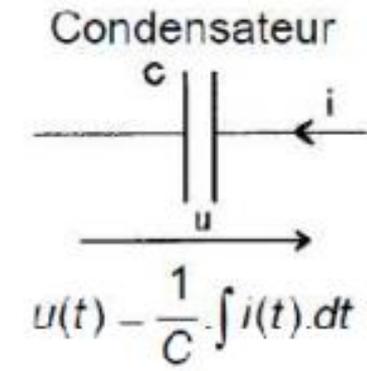
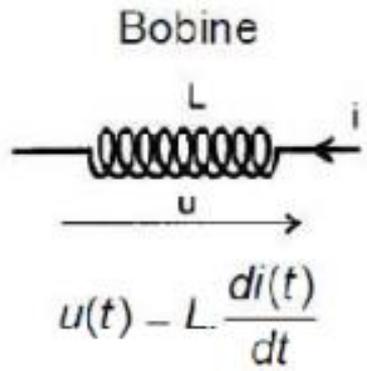
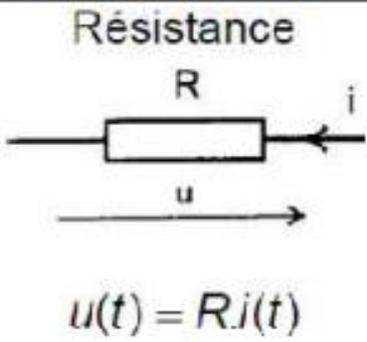
Si on applique un signal à l'entrée, on recueillera, à la sortie, un signal qui sera liée au signal d'entrée par une équation différentielle de type :

$$a_n \frac{d^n s}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{ds}{dt} + a_0 s = b_k \frac{d^k e}{dt^k} + \dots + b_1 \frac{de}{dt} + b_0 e$$

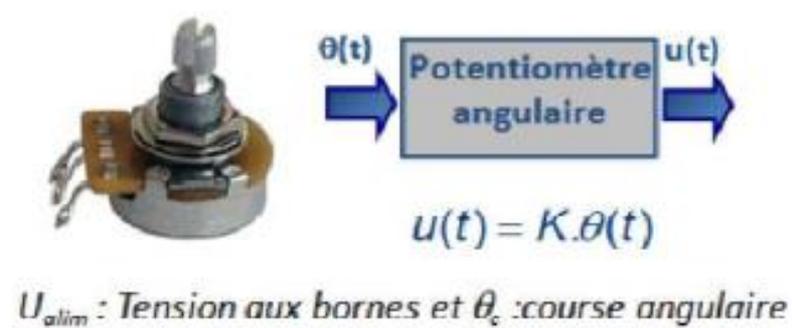
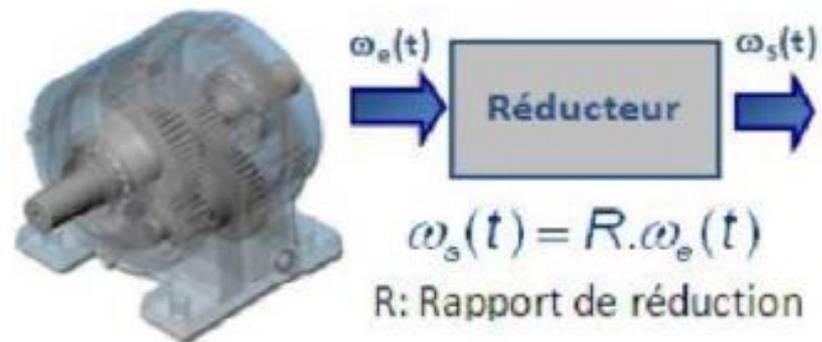
les paramètres du système

Modélisation des systèmes

Exemples de systèmes électriques.



Avec $u(t)$ la tension, $i(t)$ l'intensité, R la résistance, L l'inductance et C la capacité.
Dans certains cas, en général des constituants des systèmes, il existe simplement une relation de proportionnalité entre la sortie et l'entrée.
Ce coefficient de proportionnalité sera appelé **GAIN** du constituant.



**MERCI POUR
VOTRE
ATTENTION**