
INTRODUCTION AUX SYSTEMES LINEAIRES

Informations pratiques.

ENSEIGNANT :

Jean-François DULHOSTE.

- Professeur Titulaire. Dept. Sciences Thermiques. Ecole d'Ingénieurs Génie Mécanique. Université des Andes. Mérida, Venezuela.
- Enseignant-Chercheur Invité. Grenoble INP. ENSE³.Gipsa-lab. Période Septembre à Décembre 2010.
- Email : djean@ula.ve
- Page web : <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean>
- Bureau B257 (Site Ampere)
- Sujets de Recherche :
 - Commande de systèmes hydrauliques à surface libre et sous pression.
 - Mesure de débit par capteurs de pression.

Objet du Cours

Révision des connaissances générales sur l'Automatique Linéaire.

Principalement axées sur les systèmes linéaires, la représentation d'état et la commande par retour d'état.

Le cours s'organise donc en quatre parties principales :

- Généralités
- Modélisation et ses diverses représentations.
- Analyse (stabilité, contrôlabilité, observabilité)
- Commande et observation

ORGANISATION DES COURS

1. Introduction. Bibliographie. Introduction a la commande, définitions, modélisation, les différents modèles.
2. Modélisation de systèmes physiques, équations différentielles. Simplifications linéaires de plusieurs modèles physiques.
3. Représentation externe. La fonction de transfert. Matrices de transfert.
4. Représentation Interne. La représentation d'état. Propriétés de la représentation d'état.
5. La représentation graphique, diagrammes fonctionnels.
6. Relations entre les diverses représentations.
7. Résolutions des équations d'état.
8. Stabilité des systèmes linéaires.
9. Commandabilité, observabilité, représentations minimales. Formes canoniques.
10. Commande par retour d'état.
11. Observateurs.
12. Systèmes échantillonnés.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **P. De Laminart**, *Automatique – Commande des Systemes linéaires*, hermes, 1996.
- [2] **B. D’Andrea-Novel et M. Cohen de Lara**, *Commande Linéaire des Systemes Dynamiques*. Masson, 1994.
- [3] **R. Dorf and R. Bishop**, *Modern Control Systems*, Prentice Hall, USA, 2008.
- [4] **K.J. Astrom and B. Wittenmark**, *Computer-Controlled Systems, Information and systems sciences series*. Prentice Hall, New Jersey, 3rd edition, 1997.
- [5] **I G.C. Goodwin, S.F. Graebe, and M.E. Salgado**, *Control System Design*, Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- [6] **I G. Franklin, J. Powell, A. Emami-Naeini**, *Feedback Control of Dynamic Systems*, Prentice Hall, 2005
- [7] **A. Rachid & D. Mehdi**. *Réalisation, Réduction et Commande des Systèmes Linéaires*. Scientifik A. 1993.
- [8] **C. Foulard, J.M. Flaus, M. Jacomino**. *Automatique pour les classes Préparatoires*. Cours et exercices corrigés. Hermes Paris 1997.
- [9] **D. Arzelier**. *Représentation et analyse des systèmes linéaires. Notes de cours*. LAAS-CNRS. <http://www.laas.fr/~arzelier>.

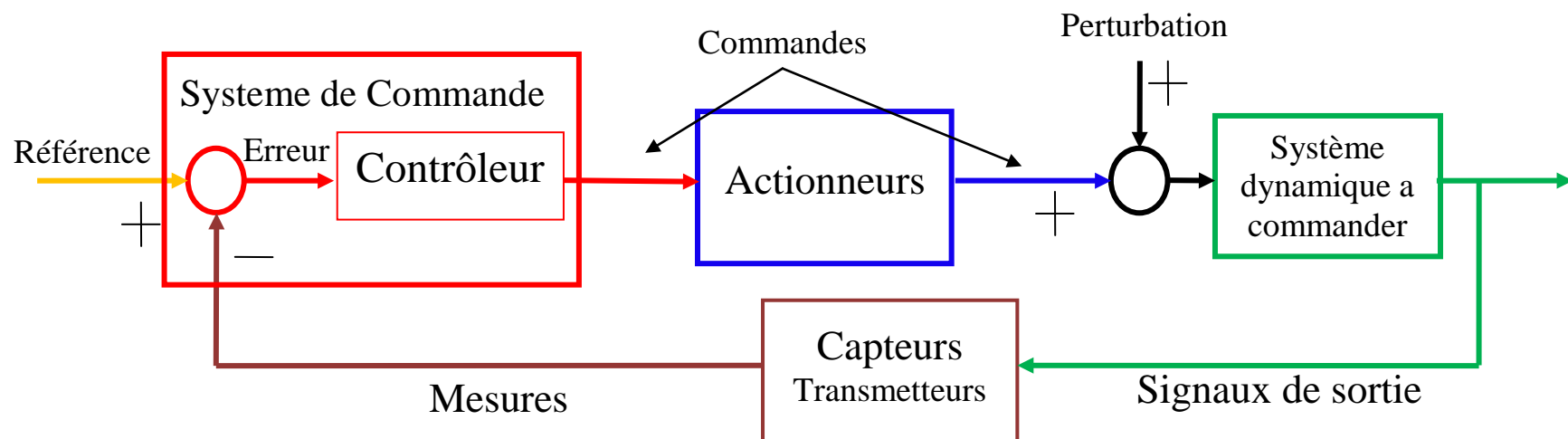
Introduction a la Commande

DEFINITION 1 : Automatique

Ensemble des disciplines scientifiques et techniques utilisées pour la conception de systèmes de commande en vue du contrôle des processus naturels et artificiels.

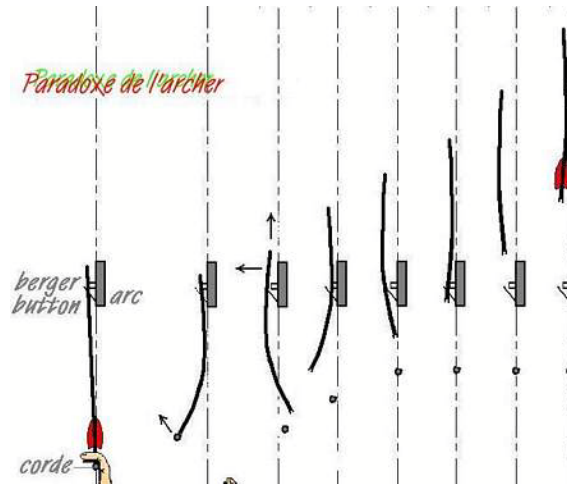
THEORIE DE LA COMMANDE DES SYSTEMES DYNAMIQUES :

- Commande passive : Changements structurels pour changer la dynamique.
- Commande en boucle ouverte : Connaissance du système permet de générer les entrées.
- Commande active (boucle fermée) : Utilisation des actionneurs et capteurs pour générer les commandes (l'information circule dans une boucle).

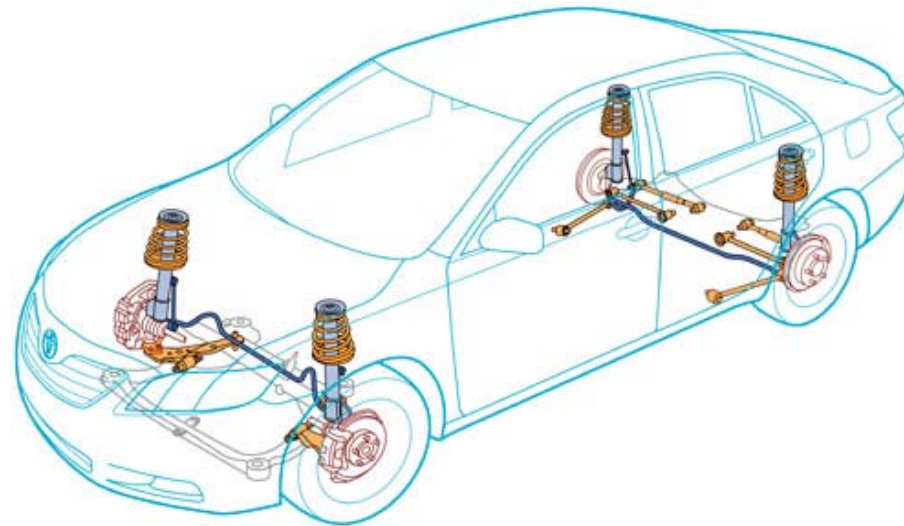
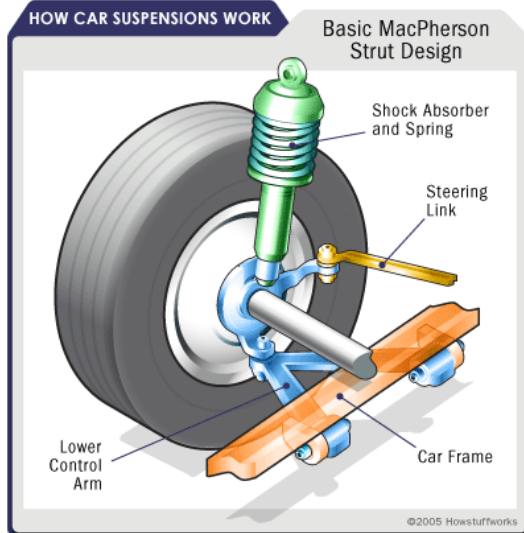


EXEMPLE COMMANDE PASSIVE.

Direction de flèches et fusées pyrotechniques.

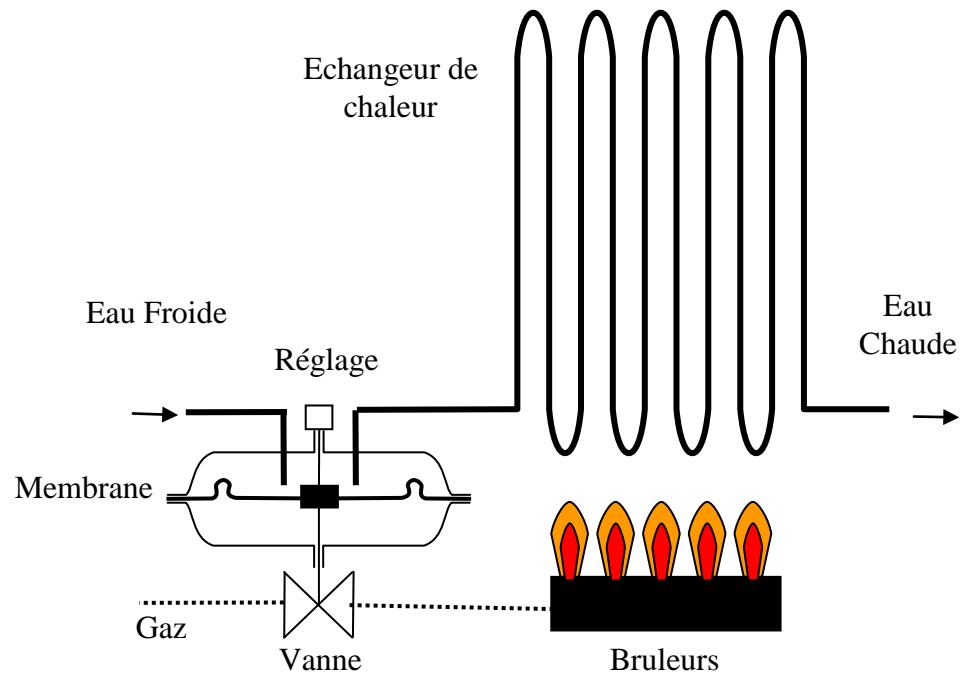


Système de suspension automobile

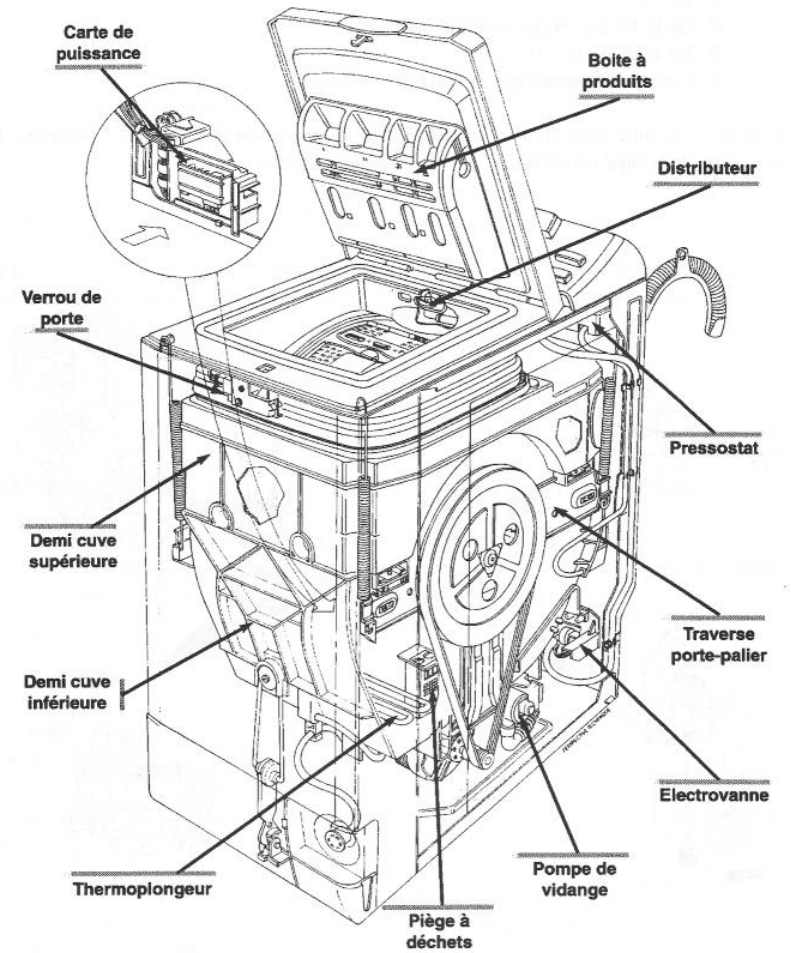


EXEMPLE COMMANDE EN BOUCLE OUVERTE

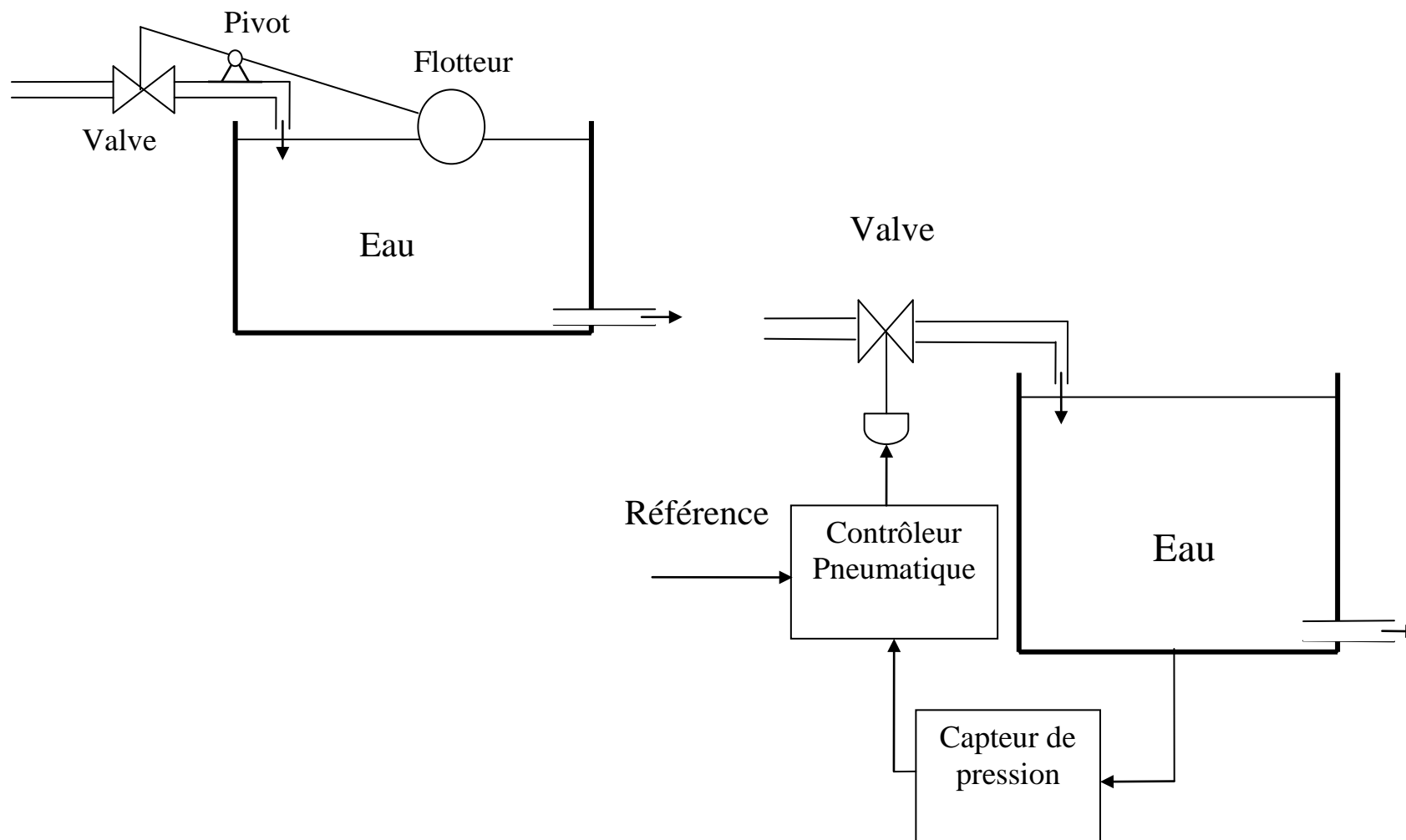
Chaudière a Gaz



Machine à laver



EXEMPLES COMMANDE EN BOUCLE FERME (ACTIVE). Régulation de niveaux mécanique et pneumatique.

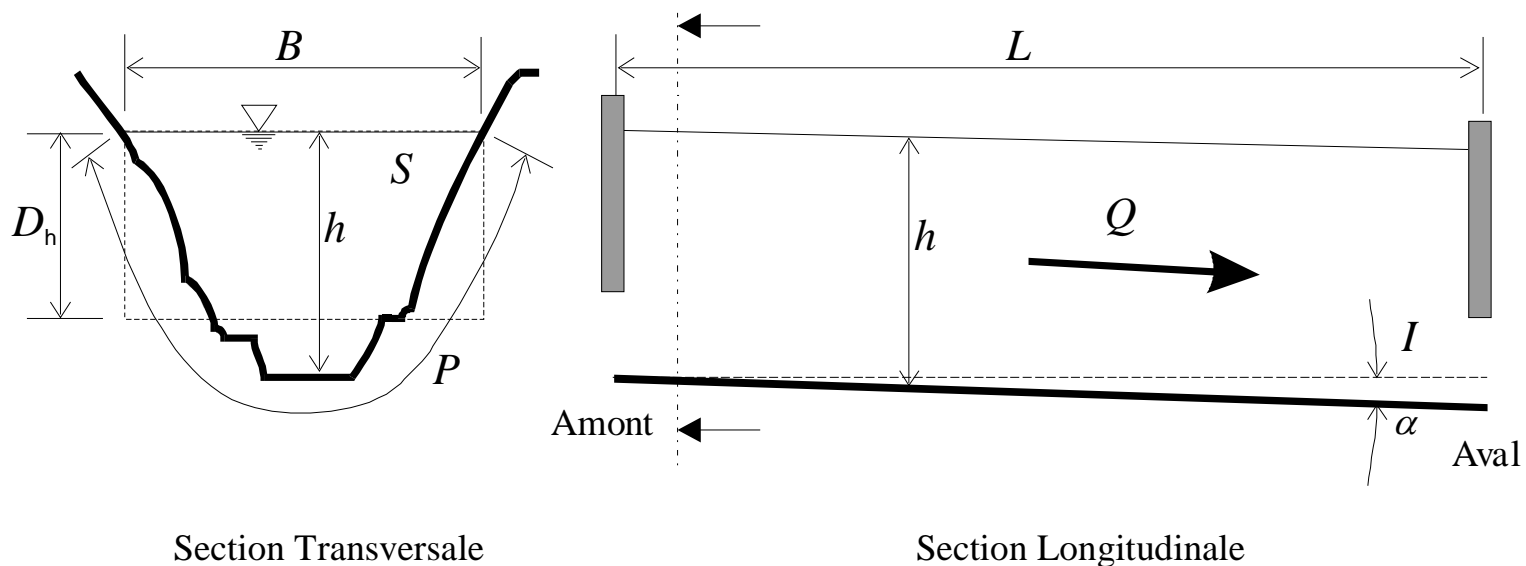


Classification des systèmes dynamiques

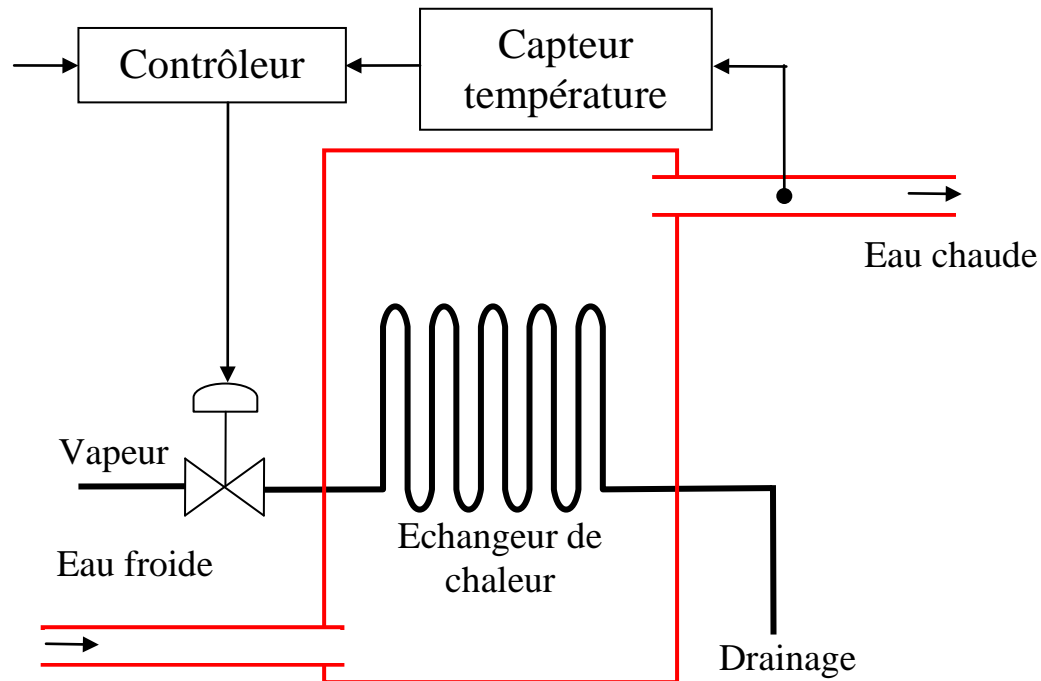
PARAMETRES DISTRIBUES – PARAMENTRES LOCALISES

Les exemples antérieurs son des systèmes à paramètres concentrées.

Exemple de système a paramètres distribués : Canaux à surface libre.

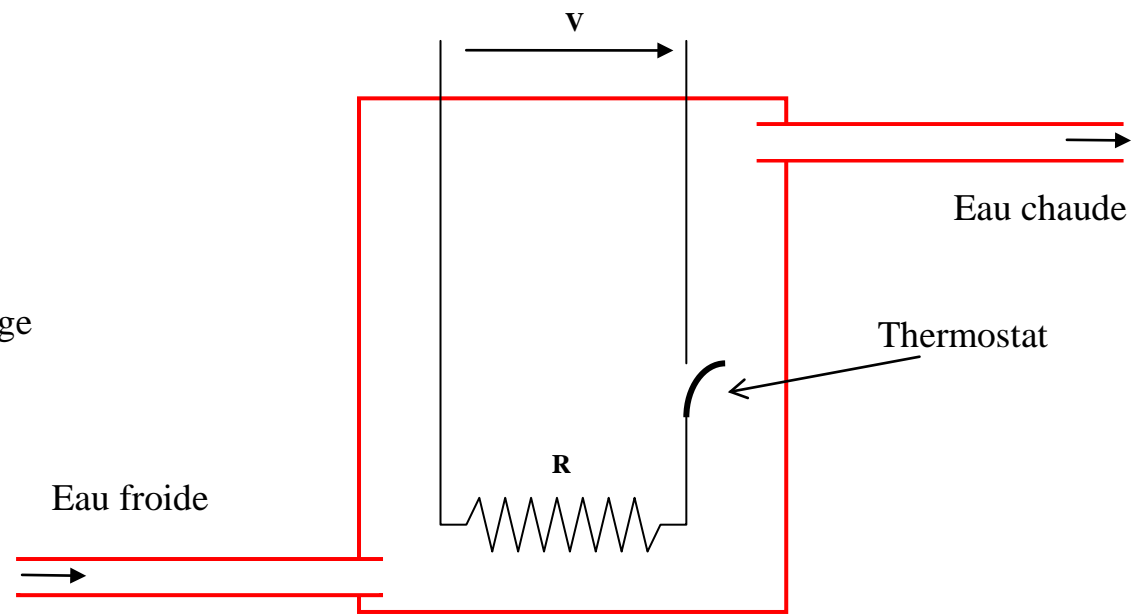


TEMPS CONTINU – TEMPS DISCRET

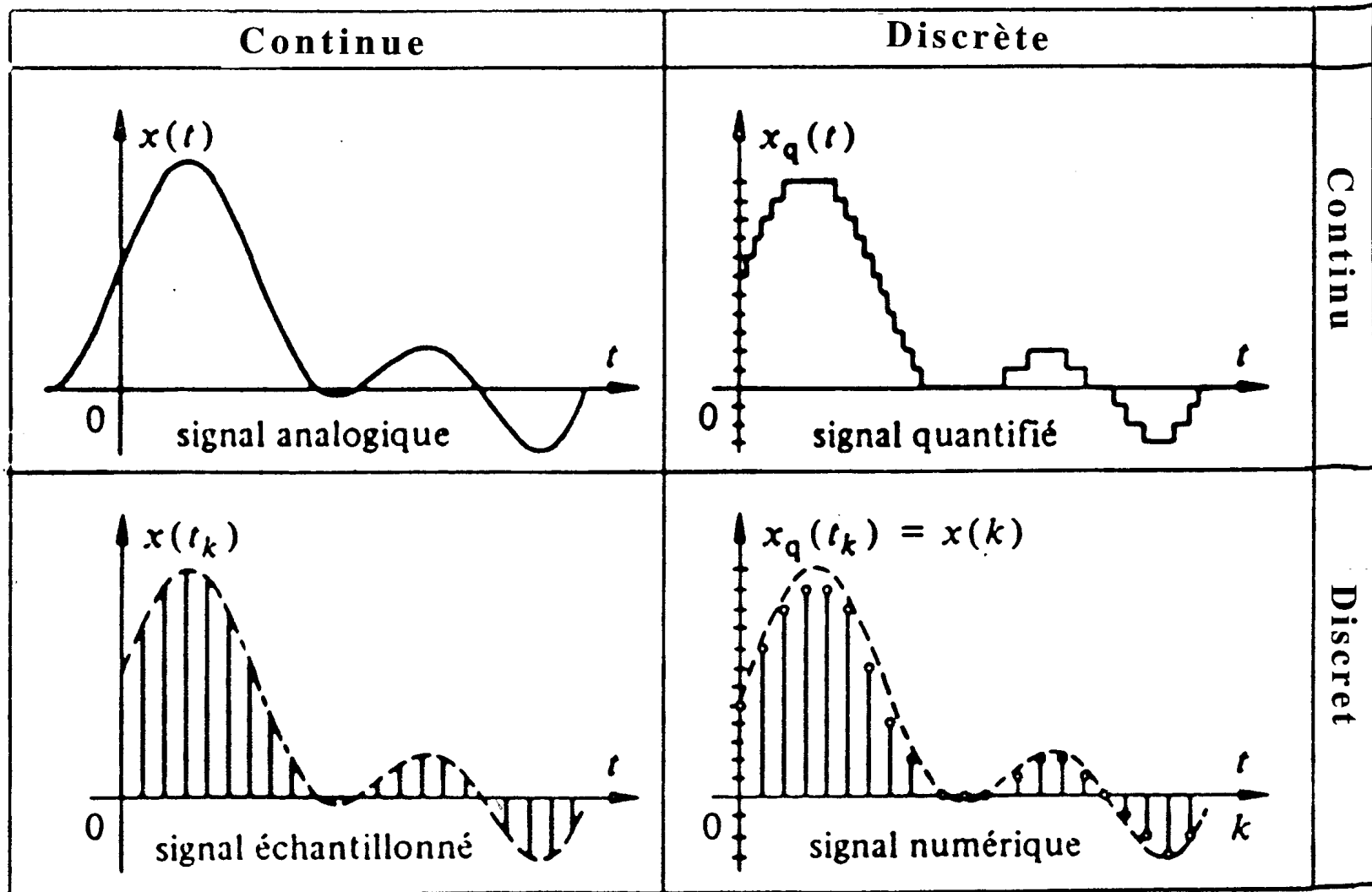


Commande de température à vapeur
Temps continu

Commande de température électrique
ON-OFF, Temps discret



AMPLITUDE



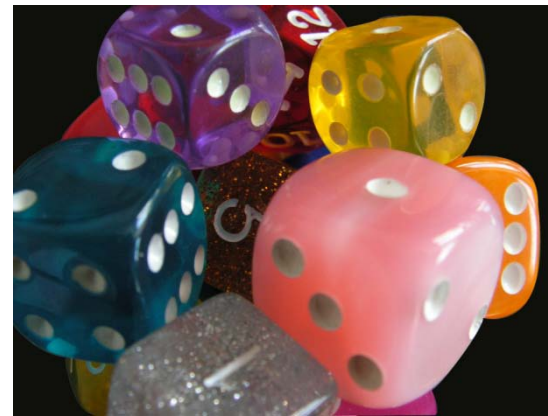
DETERMINISTES – STOCHASTIQUES

Si la réponse peut se prédire et se répéter il est déterministe, dans le cas contraire il est stochastique.

Déterministe



Stochastique



LINEAIRES - NON LINEAIRES

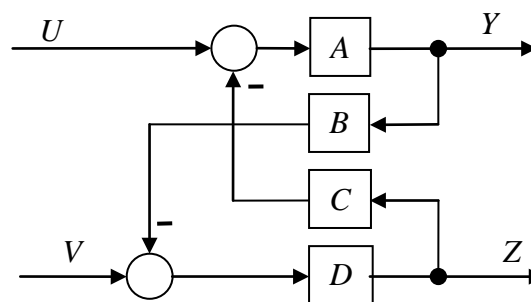
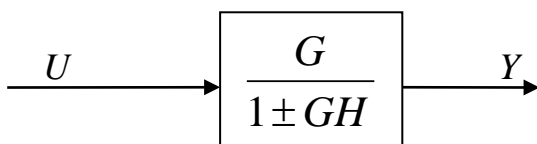
$$y = ax + b$$

$$y = x^3$$

COEFFICIENTS CONSTANTS – TEMPS VARIANT

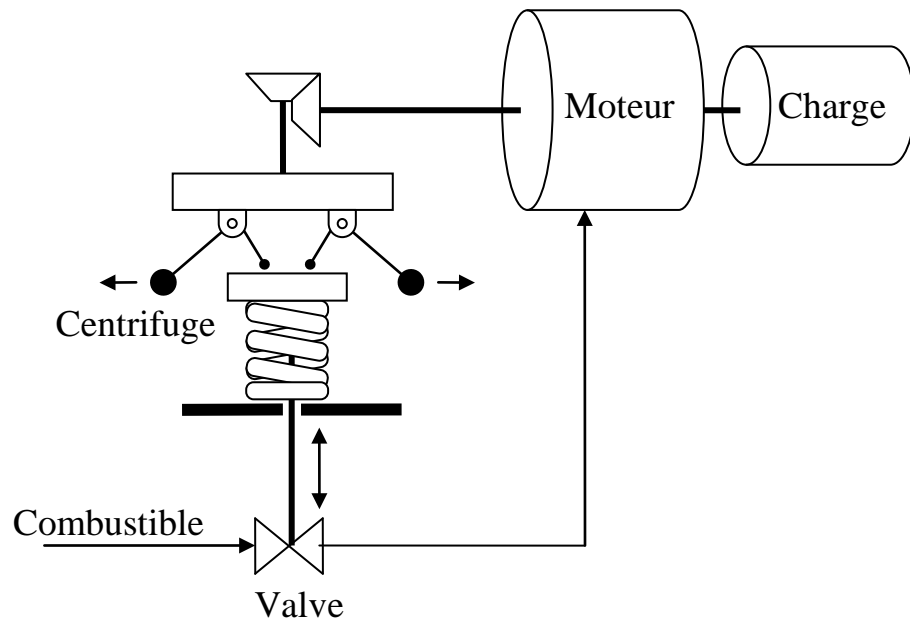


MONO VARIABLES – MULTIVARIABLES (SISO-MIMO)

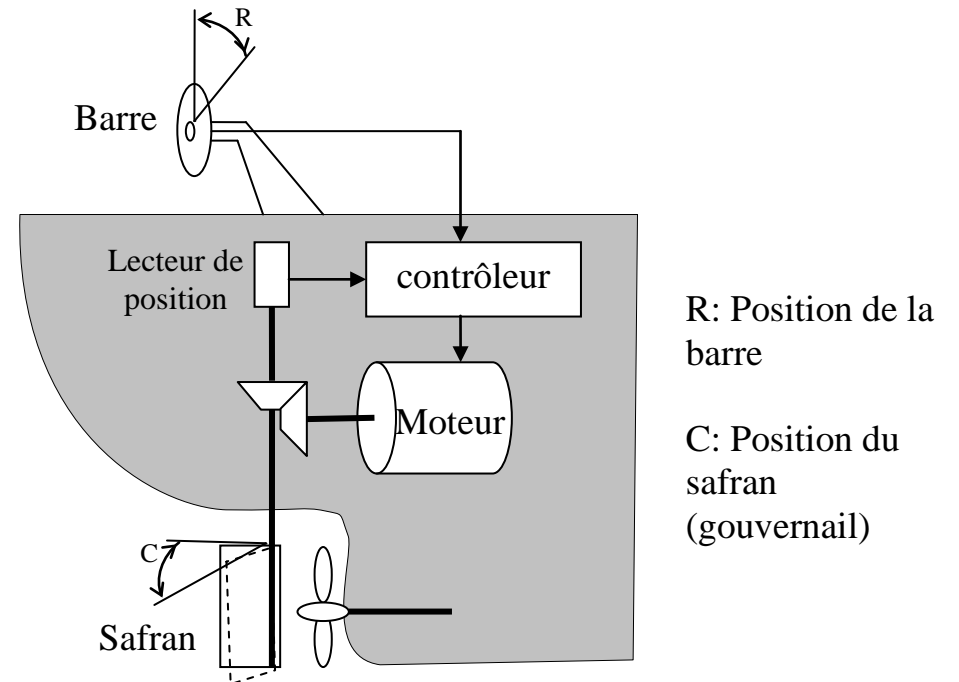


REGULATION – POURSUITE

Régulateur de Watt



Direction de Bateau



Modélisation

Modèle : expression des lois de la physique.

Modèle mathématique dynamique : ensemble des lois mathématiques régissant la causalité entrées-sorties : les sorties présentes dépendent des entrées passées et actuelles.

Modèle mathématique statique : les sorties présentes ne dépendent que des entrées présentes.

AVEC LA MODELISATION IL EST POSSIBLE :

- 1- Définir le système étudié et ses composants élémentaires
- 2- Formuler le modèle mathématique idéal et dresser la liste des hypothèses à retenir
- 3- Ecrire les lois de la physique régissant le processus
- 4- Définir le modèle dédié à l'Automatique

LES DIFFERENTS MODELES :

- Equations différentielles, ou aux dérivées partielles.
- Fonctions de transfert (représentation externe).
- Equations d'état (représentation interne).
- Représentations graphiques.

LA QUALITE DU MODELE

Il existe un compromis entre l'utilité et la précision/complexité du modèle.

- Un modèle complexe est plus difficile de construire et à utiliser, mais en général sera plus précis.
- Un modèle simple, sera plus facile à construire et utiliser, mais moins précis.

LES MODELES LINEAIRES.

Les systèmes physiques réels sont pour la plus part non linéaires. Cependant il est possible dans beaucoup de cas, utiliser un modèle linéaire pour les représenter convenablement, au moins sur une partie utile du domaine de fonctionnement.

Un système est linéaire si il satisfait le principe de superposition : si à la somme de deux excitations correspond la somme des deux réponses correspondantes :

$$\text{Si } s = f(e) \text{ alors pour } e = a + b \rightarrow s = f(a) + f(b)$$

Cela peut s'étendre a plusieurs entrées.

Devoir : lire le chapitre 1 de [9].