

Commande des systèmes dynamiques

1. Phénoménologie

Dr. Ph. Mullhaupt

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

SIE

Contenu

1 Boucle ouverte et boucle fermée

2 Exemples

- Irrigation
- Tremblement de terre
- Moteur électrique
- Bille sur une roue

3 Signaux et systèmes

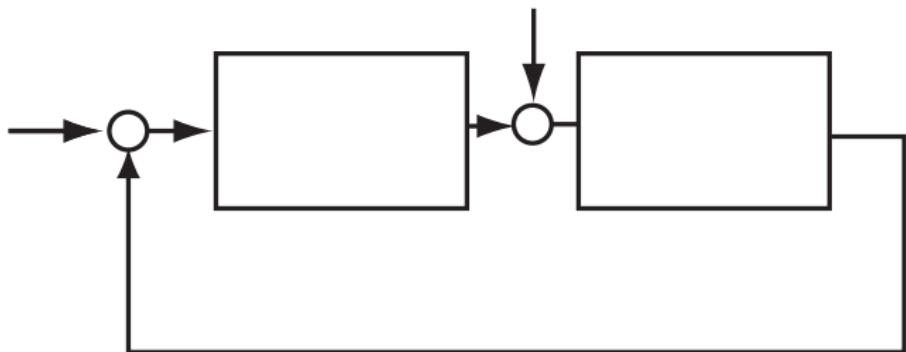
- Grandeurs qui dépendent du temps

Boucle ouverte



Absence de régulateur

Boucle fermée



Présence d'un régulateur

Exemples

Quatre systèmes seront considérés

- ① Irrigation et bilan de l'eau
- ② Tremblement de terre et structure anti-sismique
- ③ Moteur électrique régulé en vitesse
- ④ Bille sur une roue

Irrigation

Système

- champ à cultiver
- réservoir d'eau
- pompe
- mesure des pluies

Régulateur

Un régulateur mesure le taux d'humidité du champ et agit sur la pompe

Irrigation

Perturbation

De la pluie d'intensité et de durée variables

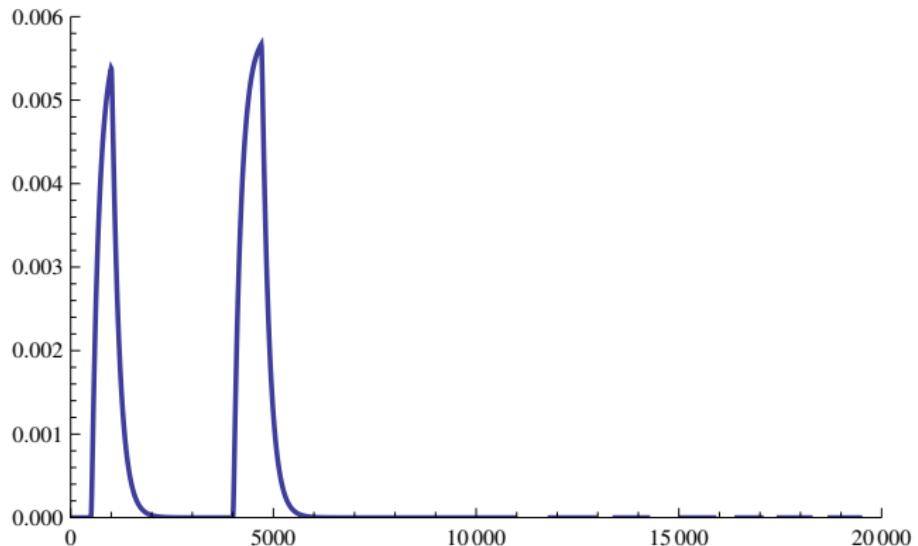
Boucle ouverte

Le réservoir est connecté mais la pompe ne fait rien

Boucle fermée

- On mesure le degré d'humidité du champ
- Un régulateur agit sur la pompe.

Irrigation : pluies



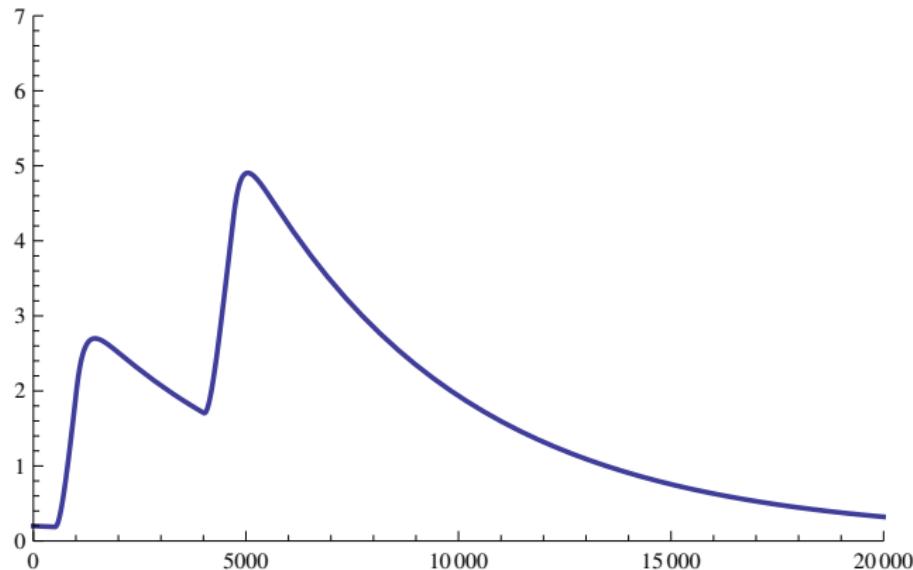
Irrigation : explication des deux animations

- A gauche, les précipitations sont indiquées
- Au centre, le degré d'humidité est indiqué
- A droite, le niveau du réservoir est représenté

Irrigation en boucle ouverte

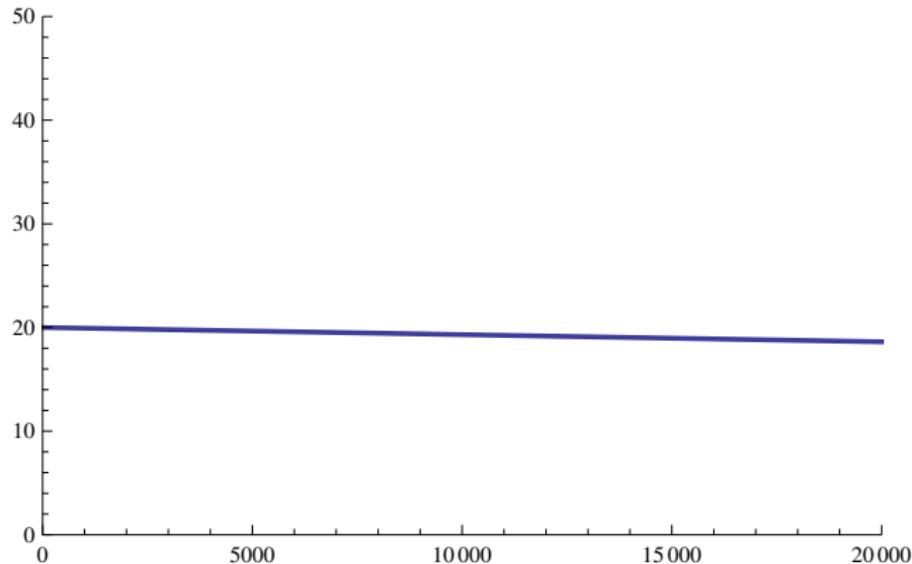
(Irrigation en boucle ouverte...)

Irrigation : humidité en boucle ouverte



Le niveau d'humidité (≈ 2) n'est pas maintenu

Irrigation : niveau du réservoir en boucle ouverte

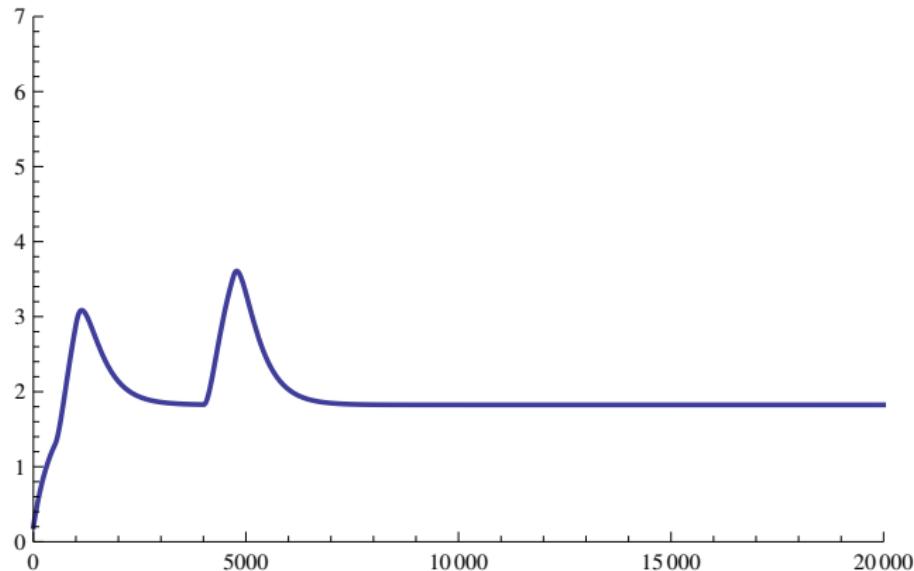


Le réservoir n'est pas mis à contribution

Irrigation en boucle fermée

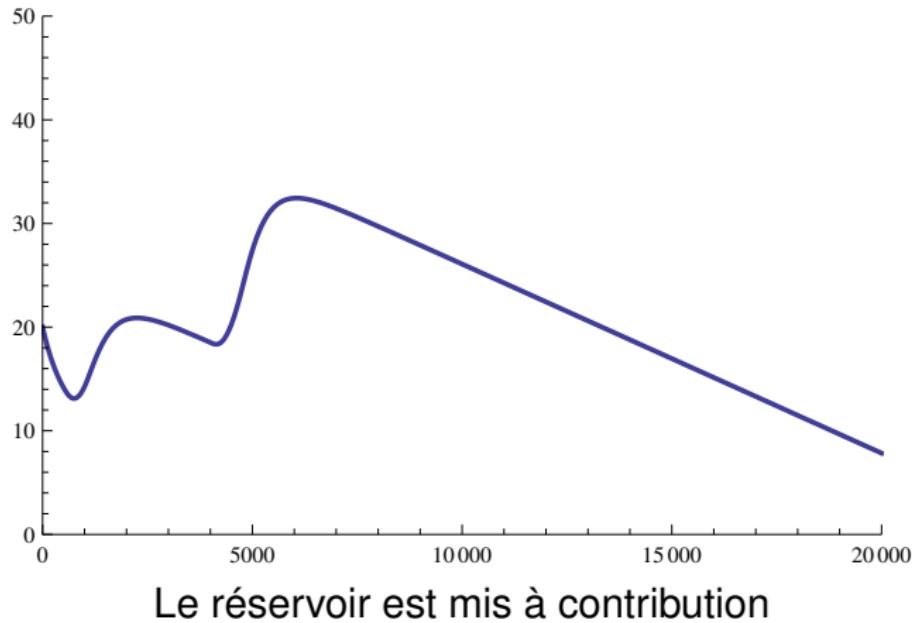
(Irrigation en boucle fermée...)

Irrigation : humidité en boucle fermée



Le niveau d'humidité est maintenu à la consigne (≈ 2)

Irrigation : niveau du réservoir en boucle fermée



Tremblement de terre

Système

- Plusieurs étages (considérés comme des dalles horizontales)
- Les murs reprennent les efforts verticaux mais pas horizontaux

Régulateur

Un régulateur génère des forces à des endroits judicieux de la construction qui contrent l'effet des forces sismiques générées sur la fondation du bâtiment

Structure anti-sismique en boucle ouverte

(Structure anti-sismique en boucle ouverte...)

Structure anti-sismique en boucle fermée

(Structure anti-sismique en boucle fermée...)

Moteur électrique

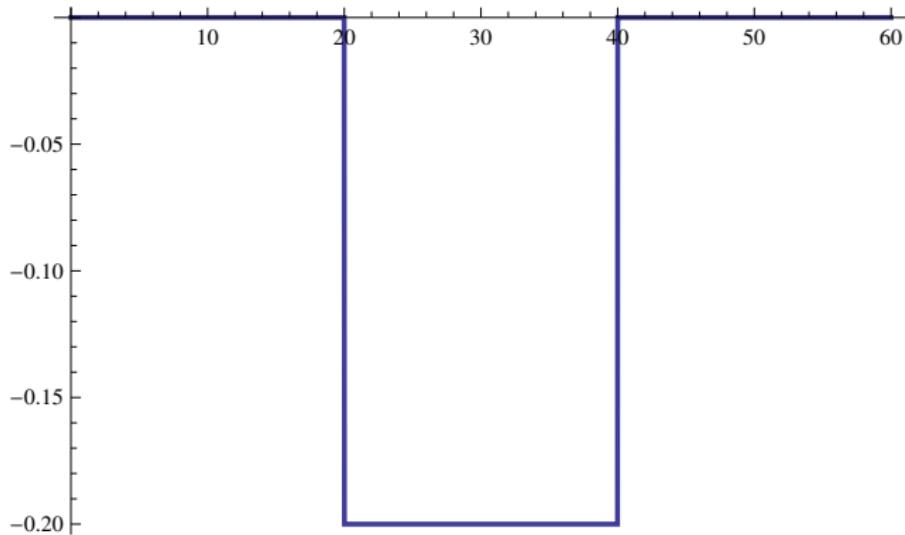
Système

- Une tension électrique alimente un moteur
- Une force est générée en fonction de cette tension et de la tension induite
- La force est proportionnelle au courant qui circule à travers le circuit électrique
- L'effet inductif du circuit électrique est négligé
- Seul la résistance électrique limite le courant

Régulateur

Un régulateur adapte la tension du moteur en fonction de la vitesse mesurée

Perturbation de couple sur le moteur électrique

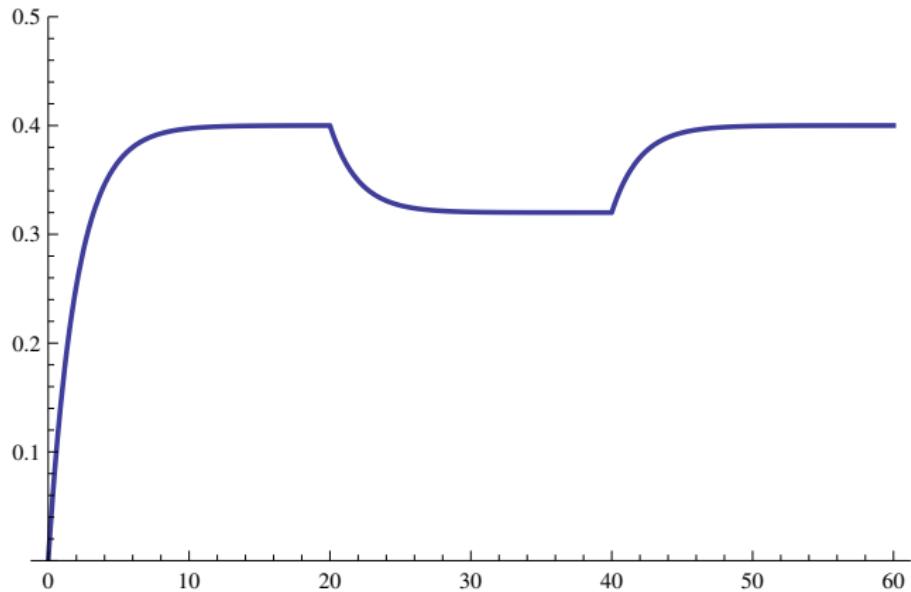


Un couple freine le moteur

Moteur électrique en boucle ouverte

(Moteur électrique en boucle ouverte...)

Vitesse du moteur électrique en boucle ouverte

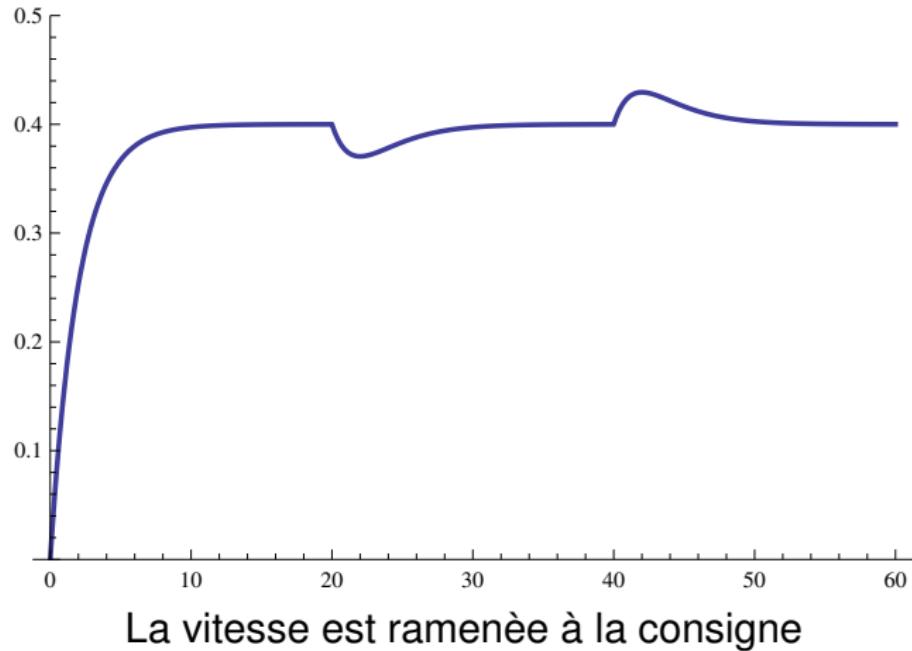


La vitesse n'arrive pas à se maintenir

Moteur électrique en boucle fermée

(Moteur électrique en boucle fermée...)

Vitesse du moteur électrique en boucle fermée



Bille sur une roue

Système

- Une bille de rayon r
- Une roue de rayon R
- Un moteur fournit un couple $u = \tau$

Régulateur

Un régulateur mesure la position de la bille et agit sur le couple de la roue pour maintenir la bille dans sa position instable

Bille sur une roue : expérimentation

(Expérimentation de la bille sur une roue BO et BF...)

Bille sur une roue : simulation

(Simu. de la bille sur une roue BO et BF...)

Grandeurs qui dépendent du temps

Plusieurs grandeurs évoluent au cours du temps

- ① Irrigation : niveau de l'eau et débits.
- ② Structure anti-sismique : position des étages, forces.
- ③ Moteur électrique : position, vitesse, couple.
- ④ Bille sur une roue : angles (bille et roue), vitesses angulaires, couple.

Signaux et systèmes

Systèmes

- Système à commander
- Régulateur

Signaux

- Entrées
- Perturbations
- Grandeurs internes