



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



POLYTECH<sup>®</sup>  
NANCY

# *Régulation numérique de systèmes dynamiques*

Hugues GARNIER

[hugues.garnier@univ-lorraine.fr](mailto:hugues.garnier@univ-lorraine.fr)

## Volumes horaires

- **Régulation Numérique**
  - 4 séances de CM (*de 2h*)
  - 6 séances de TD (*de 2h*) – *énoncés en anglais*
  - 1 séance de TP (*de 4h*) – *énoncés en anglais*

-----

- Intervenant en CM/TD/TP
  - Hugues Garnier

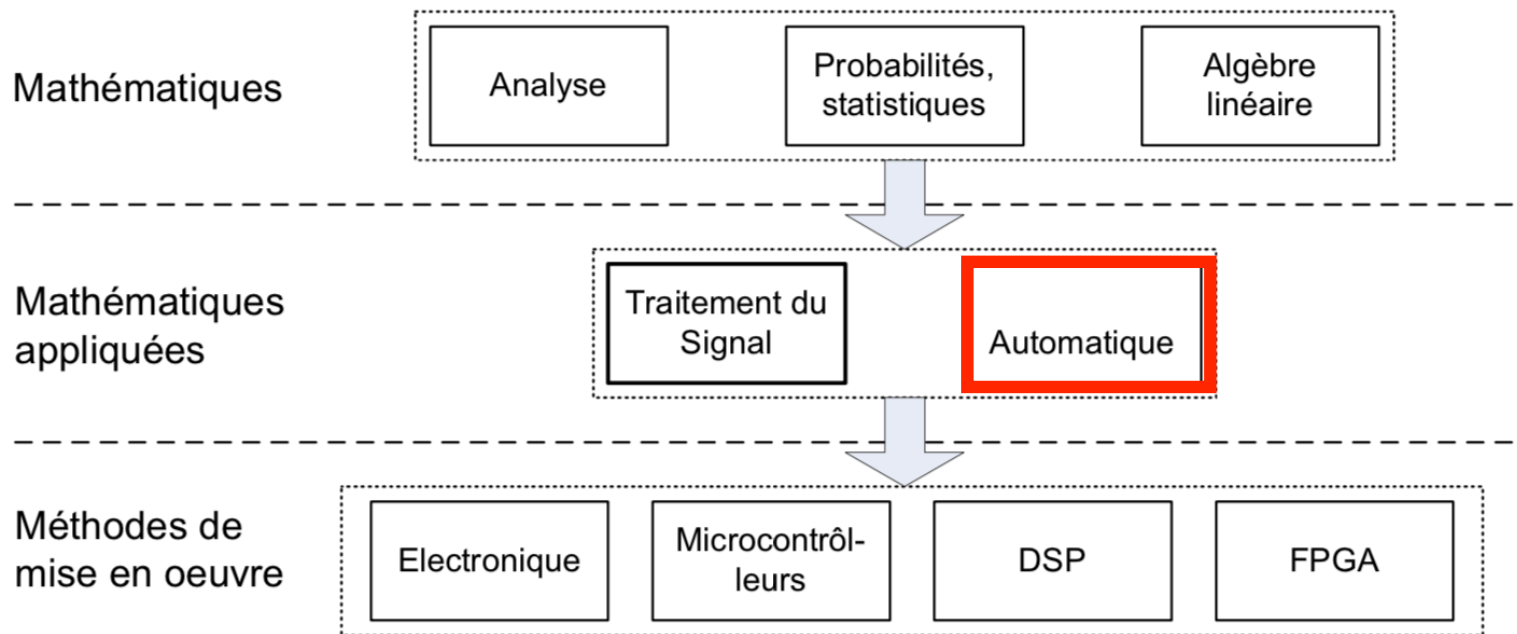
## Contrôle des connaissances

- Contrôle final (2h00) – *in English*
  - 6 février 2020 à 10h00
- Compte-rendu (CR) de TP – *in English*
  - A faire en binôme
- Calcul de la note finale de TdS
$$\text{Note TdS} = 0,7 \text{ DS final} + 0,3 \text{ TP}$$



## L'automatique dans le cursus Ingénieur

- Le traitement du signal est, avec l'automatique, la couche charnière entre les mathématiques et les technologies



- L'automatique s'appuie sur des bases solides en mathématiques mais elle est totalement indépendante des technologies électroniques ou informatiques de mise en oeuvre

# Pré-requis

- Automatique continue (3A)
- Transformée de Laplace (3A)
- Traitement numérique du signal (4A)
  - Echantillonnage/Reconstruction
  - Transformées de Fourier

# Objectifs de l'EC pour l'ingénieur

## Objectifs

- Comprendre la problématique de la *commande numérique*
- Donner des outils et méthodes pour :
  - analyser les systèmes dynamiques linéaires à temps discret
  - concevoir des correcteurs PID numériques

# Principe des systèmes de contrôle

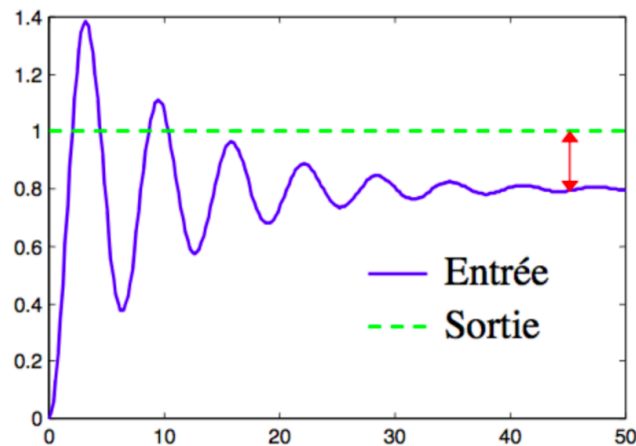
- Le contrôle ou la commande d'un système consiste à **maintenir la sortie** d'un système autour d'une valeur suffisamment proche d'une valeur spécifiée par un signal de consigne
- Le terme « *suffisamment proche* » est ici entendu dans le sens de spécifications résultant d'un **cahier des charges** qui définit :
  - la précision ou l'erreur admissible en régime permanent ( *< 2% par exemple* )
  - la rapidité au travers du temps de réponse à 5% ( *< 5 s par exemple* )
  - l'amortissement de la réponse ( *aucun dépassement par exemple* )

*Ce cahier des charges doit être réaliste car des spécifications trop exigeantes conduisent à des systèmes de contrôle irréalisables*

- Concevoir un système de contrôle revient à **boucler** le système et à **insérer un organe de commande : correcteur ou contrôleur** entre la consigne et le système

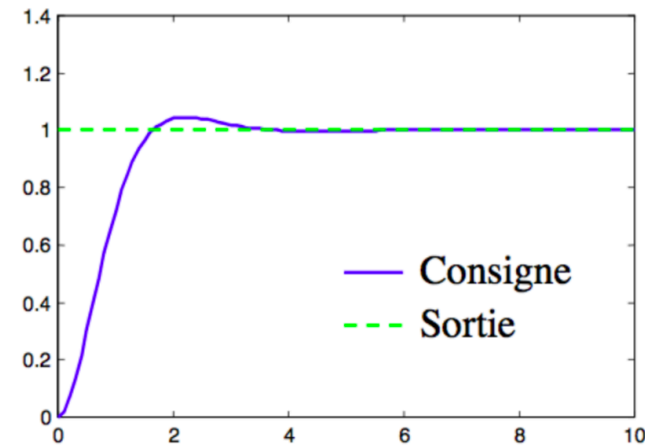
# Objectifs d'une commande en boucle fermée

Systeme à commander



- Réponse oscillatoire
- Réponse mal amortie
- Ecart avec l'entrée en régime établi

Comportement désiré

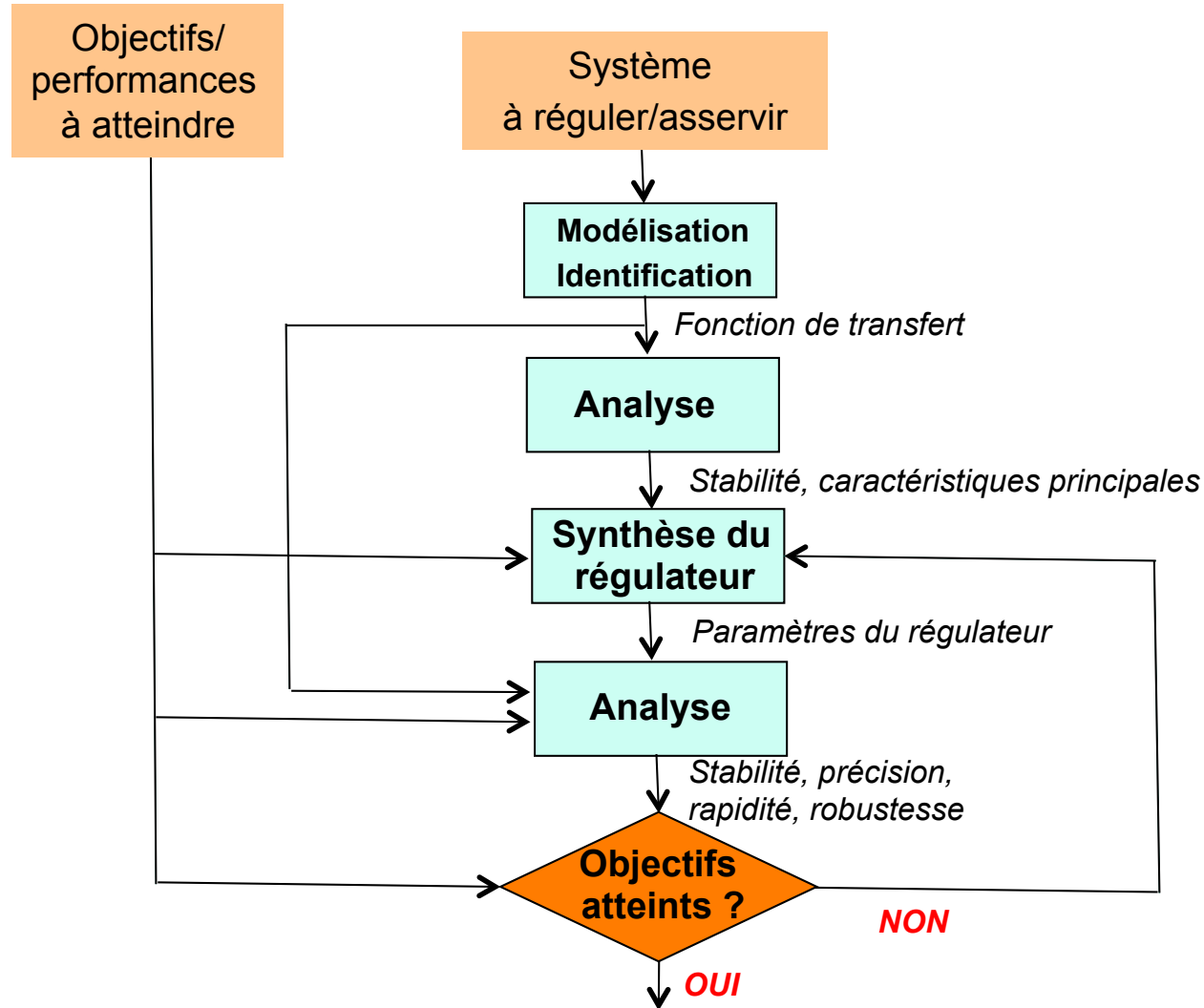


- Réponse bien amortie
- Erreur statique nulle

**Pour corriger le comportement du système : un correcteur**

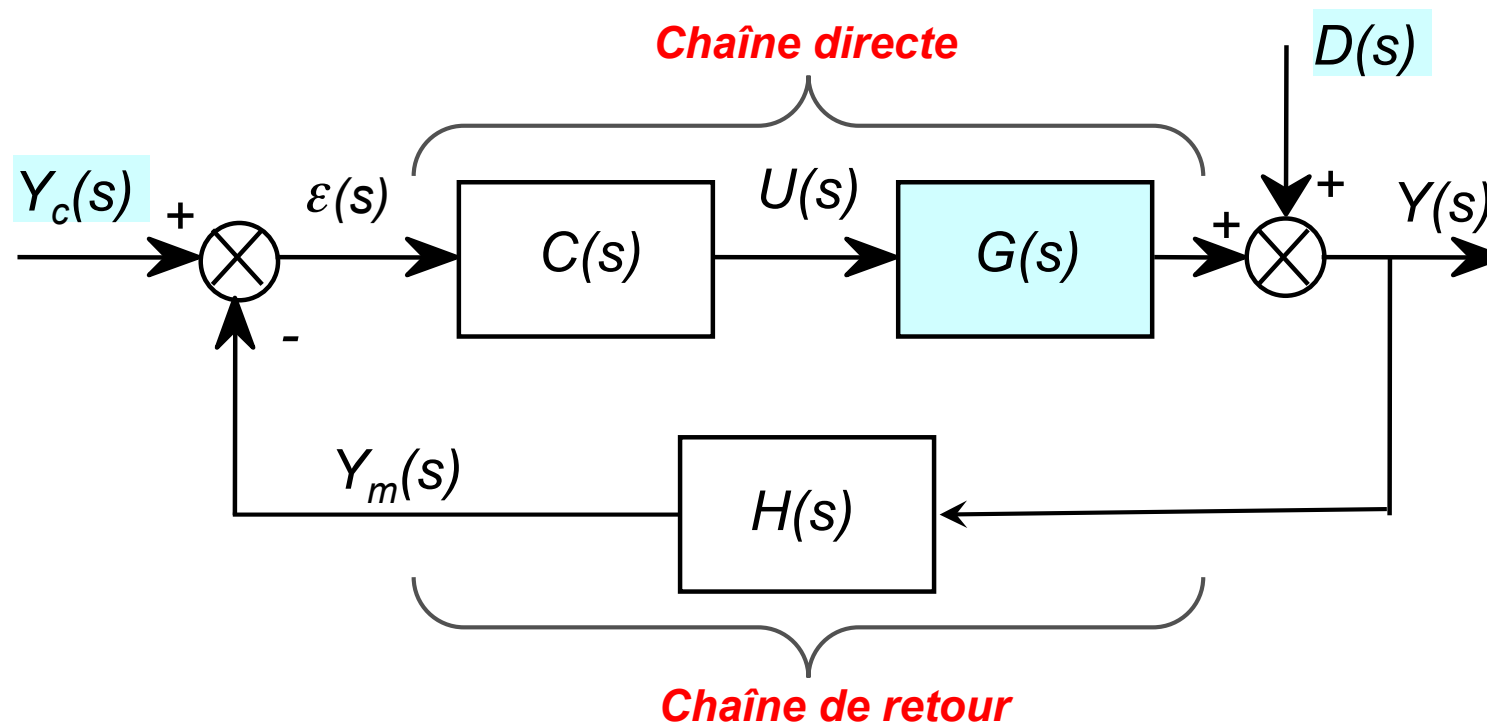


# Etapes de conception d'une commande en boucle fermée

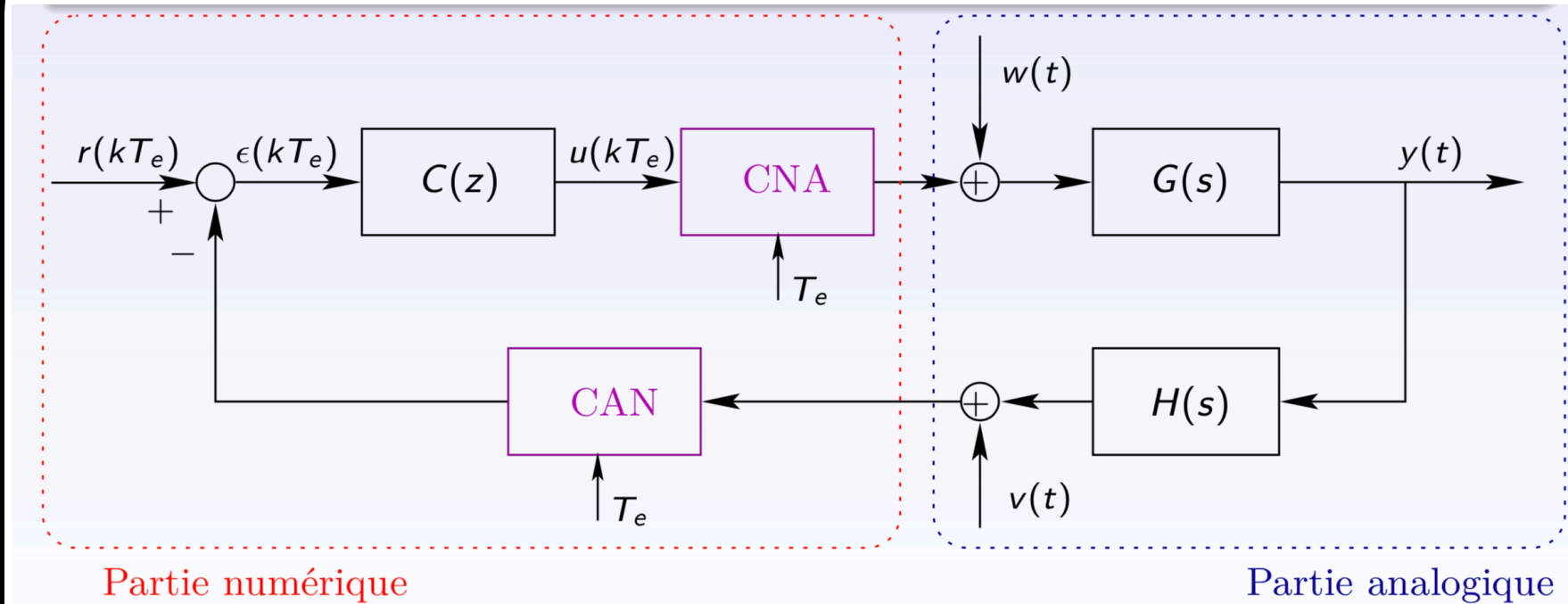


## Schéma de régulation continue

- La recherche d'une loi de commande s'appuie sur :
  - un modèle  $G(s)$  de l'ensemble actionneur + système
  - le type de signaux d'entrée : la consigne  $Y_c(s)$ , la perturbation  $D(s)$
- On distingue la chaîne directe et la chaîne de retour

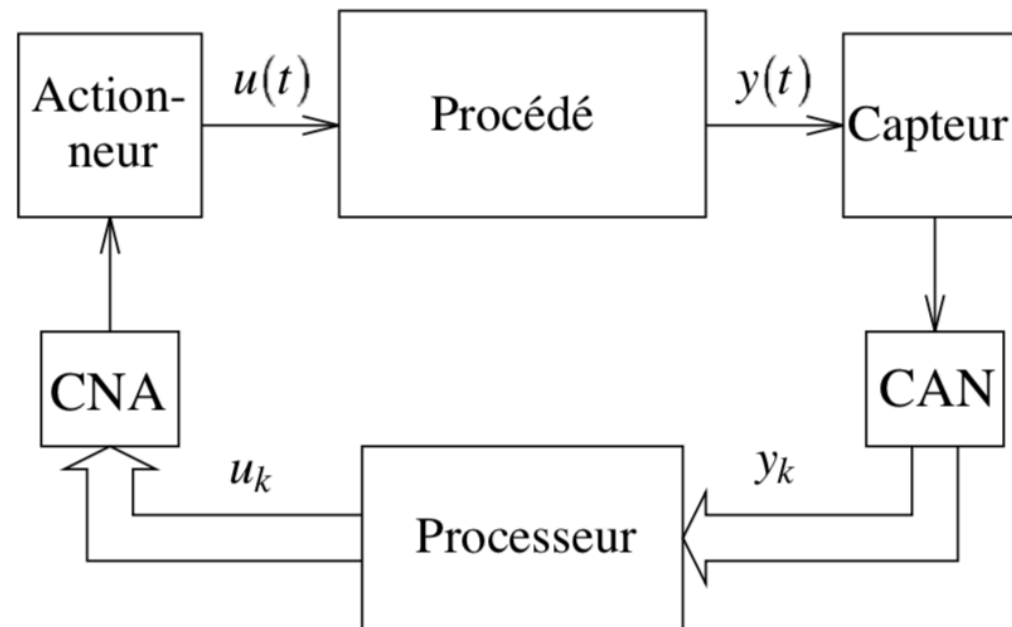


## Schéma de régulation numérique



- Atouts : coût faible, rapidité, précision élevée et insensibilité aux bruits, facilité d'implantation et souplesse par rapport aux modifications
- Besoin de blocs pour faire *dialoguer* les parties analogique et numérique : CAN et CNA

## Autre représentation courante du schéma de régulation numérique



# Objectifs

- Etude des asservissements numériques, c'est à dire du problème de l'utilisation, en temps réel, de calculateurs ou processeurs numériques afin de commander/piloter des processus physiques
- Représentation et étude des différentes interactions qui apparaissent entre la partie analogique et la partie numérique
- Analyse des systèmes numériques
- Synthèse et mise en œuvre des lois de commande de type PID numérique

# Sommaire de l'EC

## Régulation numérique

- I. La transformée en  $Z$
- II. Rappels sur échantillonnage et reconstruction
- III. Systèmes numériques
- IV. Systèmes échantillonnés
- V. Synthèse de correcteurs PID numériques

## Webographie & bibliographie relative au cours

- *Webographie (transparentes de cours et énoncés de TD)*
  - [w3.cran.univ-lorraine.fr/hugues.garnier/?q=content/teaching](http://w3.cran.univ-lorraine.fr/hugues.garnier/?q=content/teaching)
- *Bibliographie*
  - Roland Longchamp, *Commande numérique de systèmes dynamiques*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1995
  - Brian Douglas, *Education channel on youtube*
    - *Discrete Control System Lecture*
    - *Visualisez la première vidéo sur ce thème*

# Mise en œuvre en TP d'un PID numérique d'une régulation de température

*A real control system - how to start designing*

