

tiré de la chaîne youtube de David Dorran

# *Automatique numérique pour les systèmes dynamiques*

Hugues GARNIER

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

## Volumes horaires

- **Automatique numérique**
    - 4 séances de CM (*de 2h*)
    - 5 séances de TD (*de 2h*) - *énoncés en anglais*
    - 1 séance de TP (*de 4h*) - *énoncés en anglais*
- 

- Intervenant en CM
  - Hugues Garnier
- Intervenants en TD/TP
  - Hugues Garnier
  - Floriane Collin

# Contrôle des connaissances

- 1 contrôle final (2h00) – *in English*
  - 21 avril 2021 à 10h00
- 1 DM - A faire en binôme
- 1 compte-rendu (CR) de TP
  - A faire en binôme
- Calcul de la note finale d'automatique numérique

$$\text{Note finale} = 0,6 \text{ DS final} + 0,2 \text{ DM} + 0,2 \text{ TP}$$

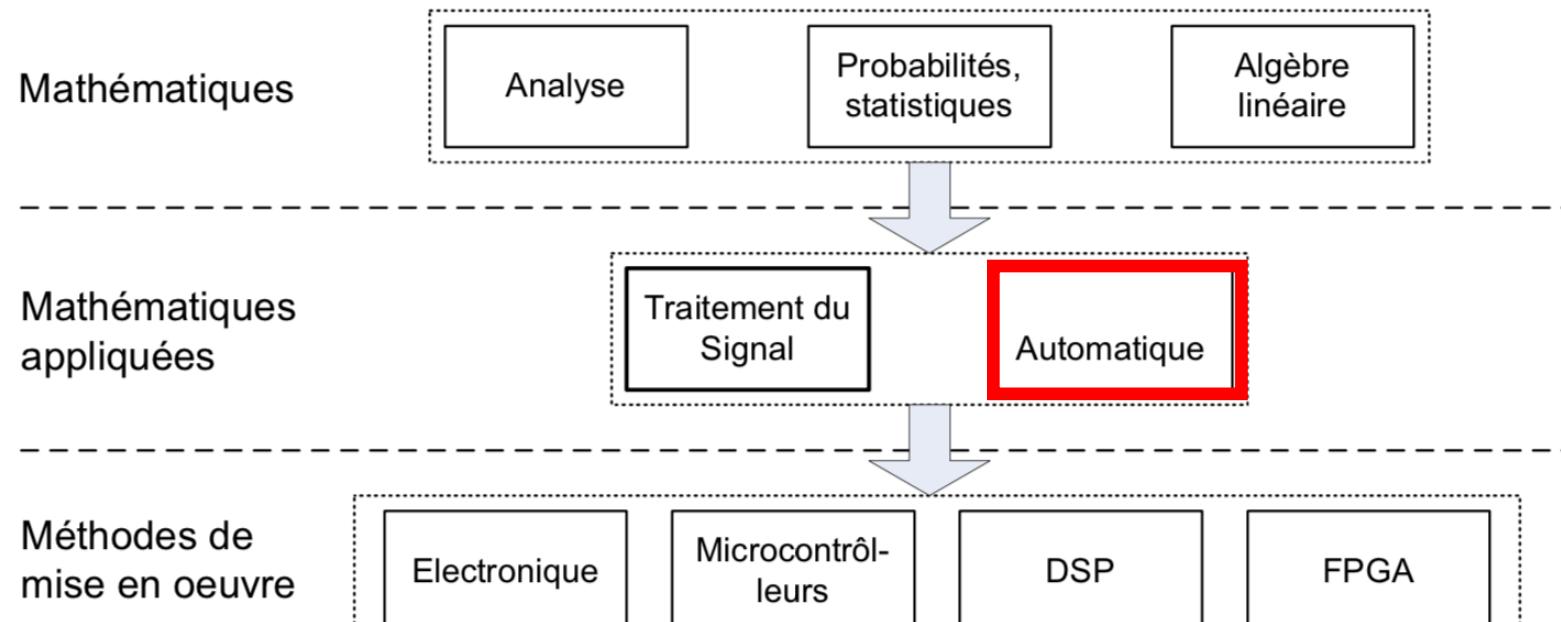


## Avertissement & Conseil

- A chaque cours, vous devrez parfaitement assimiler les nouvelles connaissances pour être capable de comprendre la suite
  
- ***Avertissement*** : Au risque d'être très vite dépassé, vous devez :
  - relire systématiquement vos notes personnelles et les transparents du cours précédent
  - apprendre les définitions
  - connaître les formules importantes
  - refaire les exercices vus en cours et en TD
  
- ***Conseil*** : vous constituer un résumé personnel au fur et à mesure des séances de cours

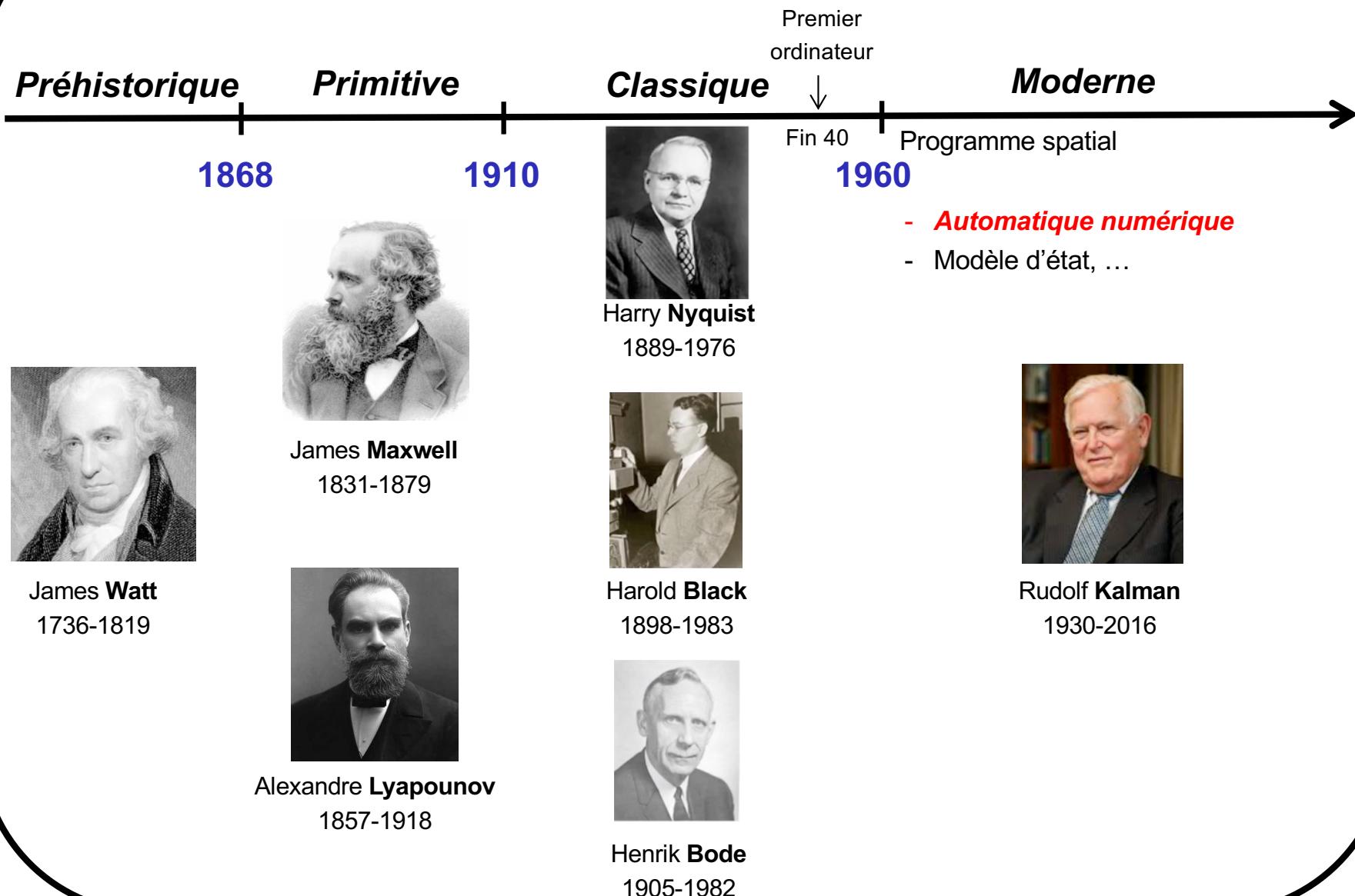
# L'automatique dans le cursus Ingénieur

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



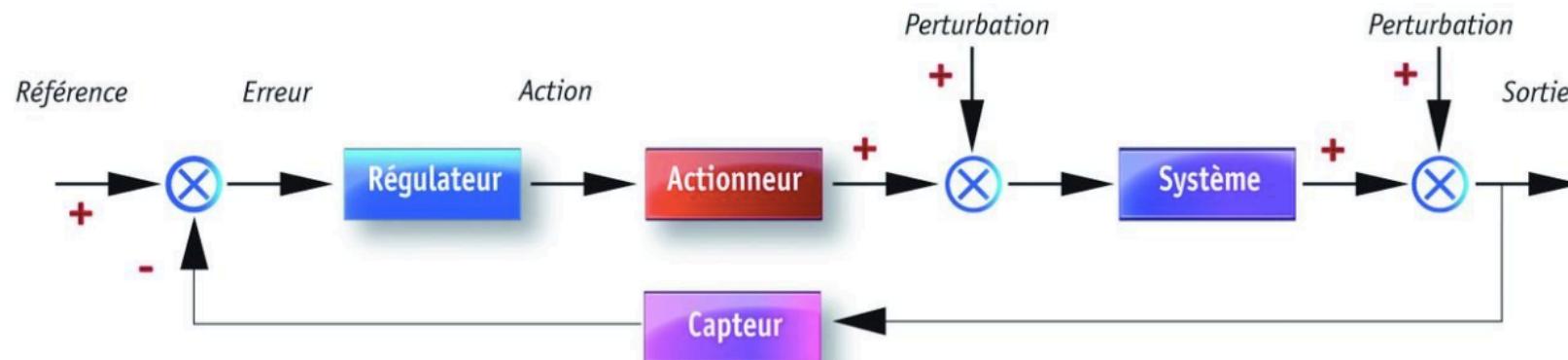
- L'automatique s'appuie sur des connaissances solides en mathématiques mais elle est totalement indépendante des technologies électroniques ou informatiques de mise en œuvre

# La ligne du temps en Automatique



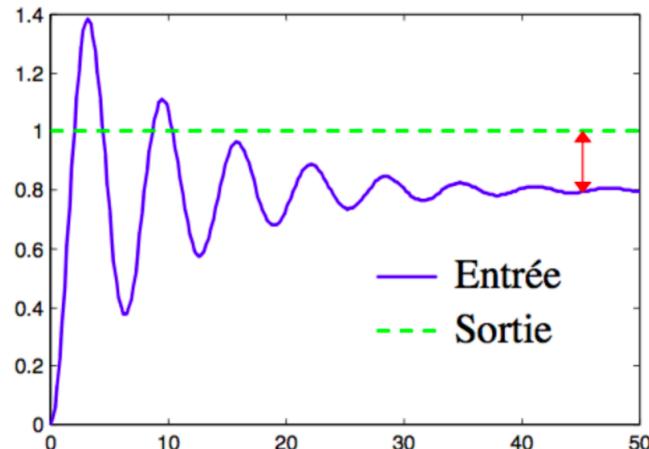
# Principe des systèmes de contrôle - Rappels

- Concevoir un système de contrôle revient à insérer :
  - une boucle de contre-réaction (feedback)*
  - un organe de commande : le correcteur ou régulateur*



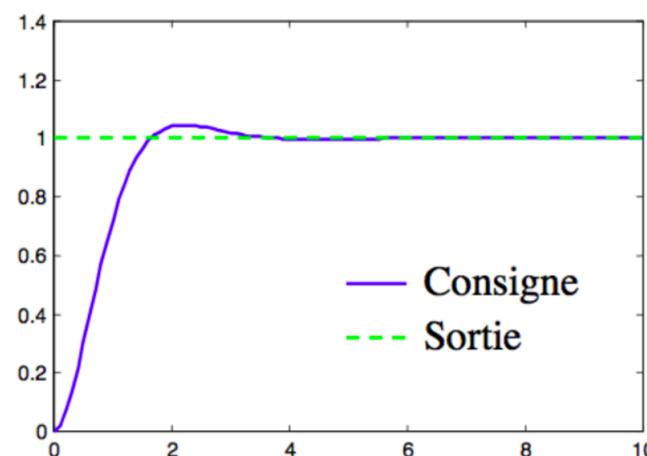
# Objectifs d'une commande en boucle fermée

Système à commander



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

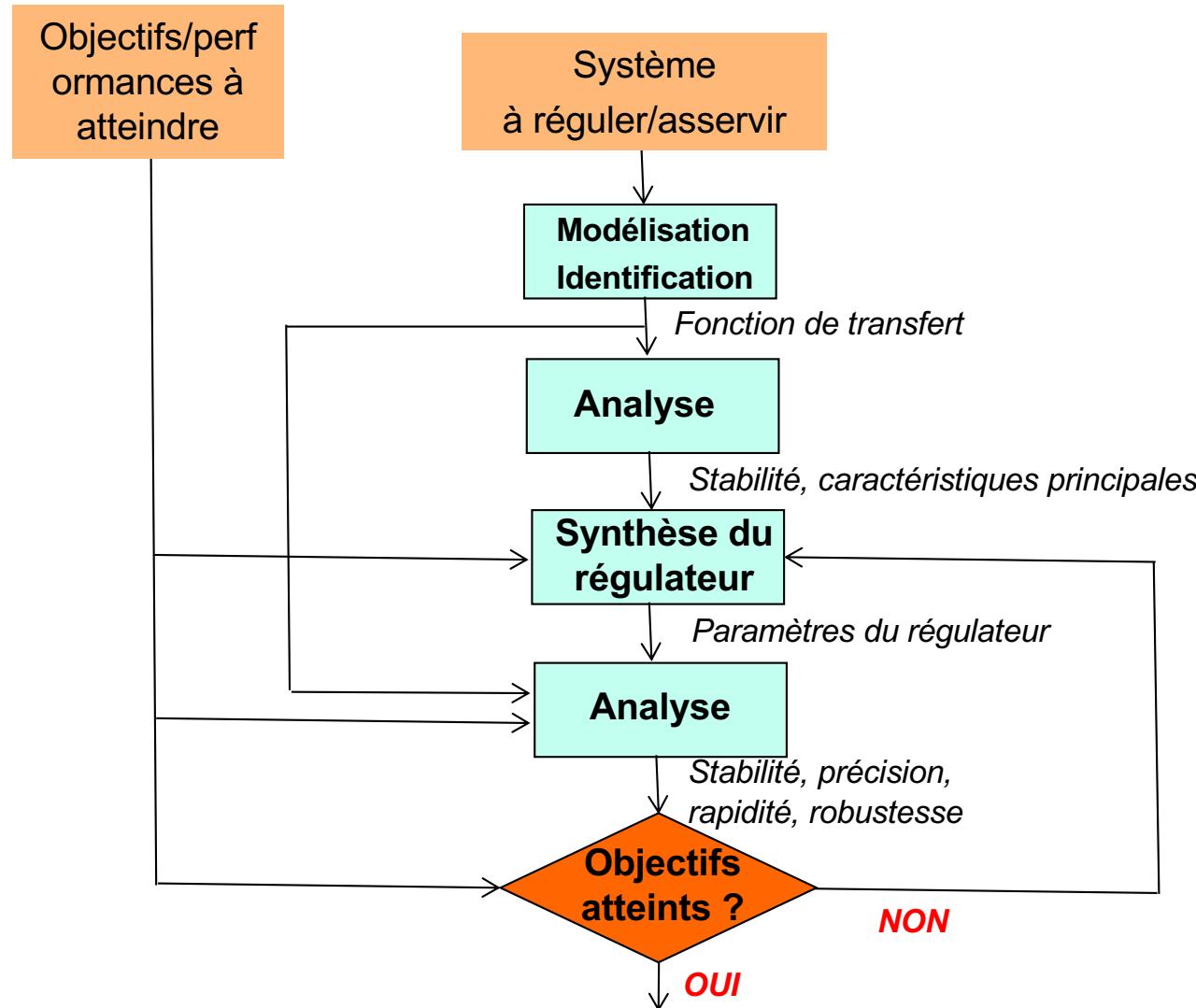
Comportement désiré



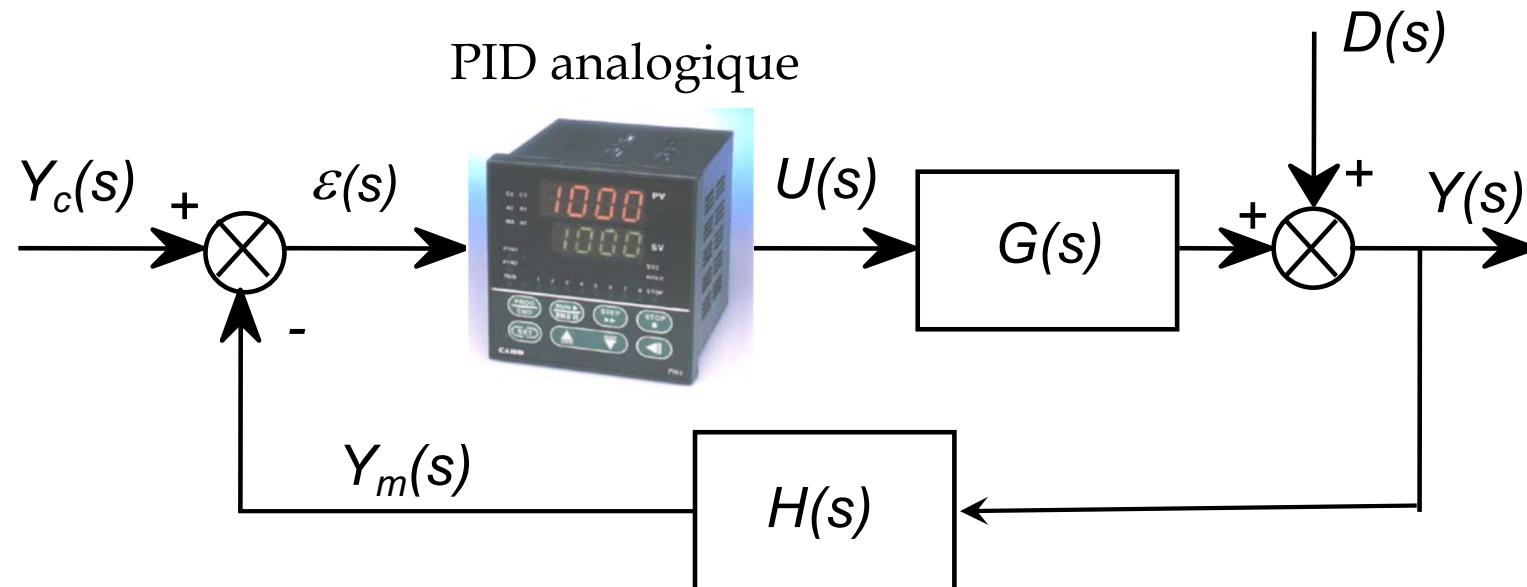
- Réponse bien amortie
- Erreur statique nulle

Pour corriger le comportement du système : un correcteur

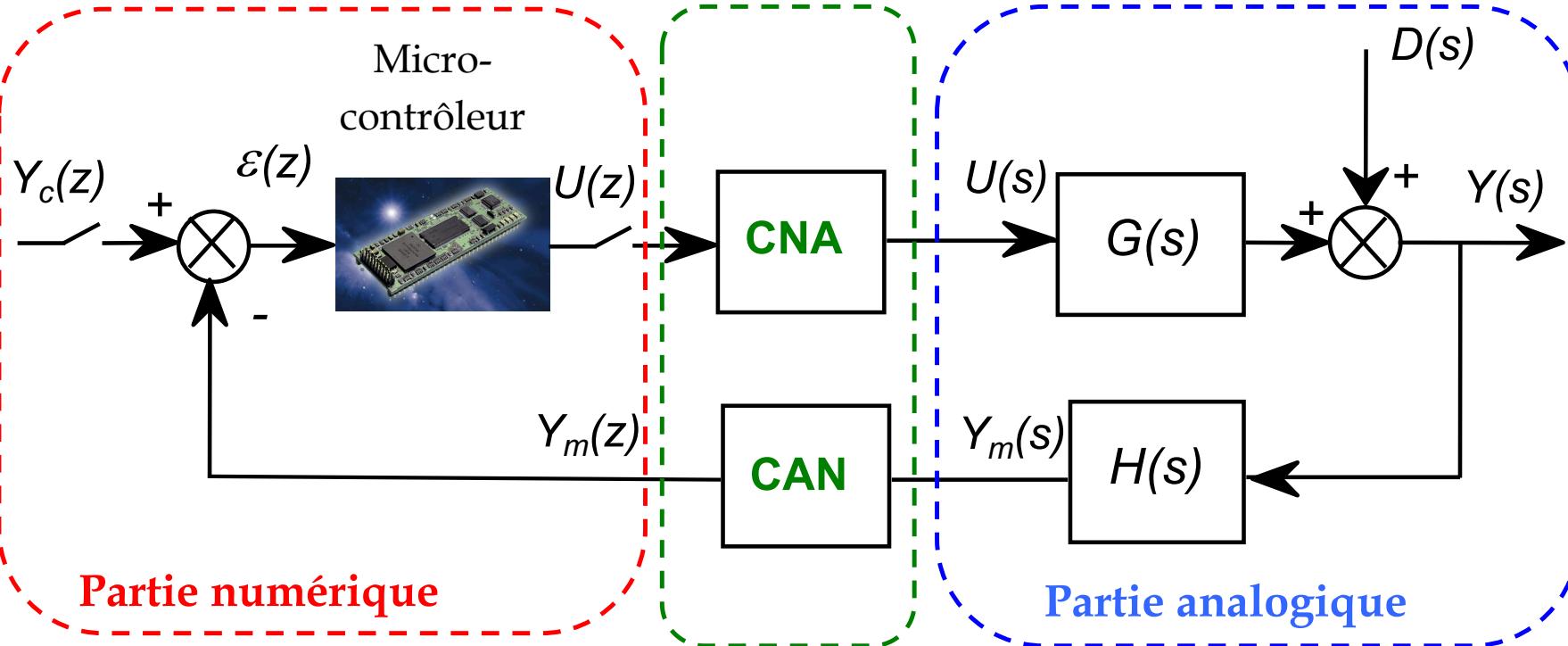
# Etapes de conception d'une commande en boucle fermée



## Schéma de régulation continue

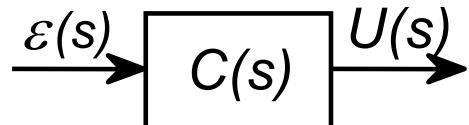


## Schéma de régulation numérique



- Avantages : coût faible, rapidité, précision élevée, 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**

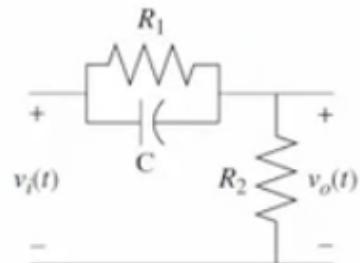
# Technologie des régulateurs analogique/numérique



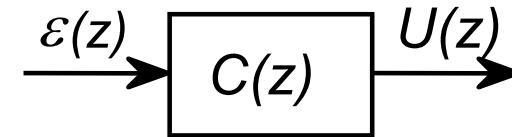
Outil : transformée de Laplace

$$\frac{du(t)}{dt} + 2u(t) = \varepsilon(t)$$

Equation différentielle



Carte électronique



Outil : transformée en z

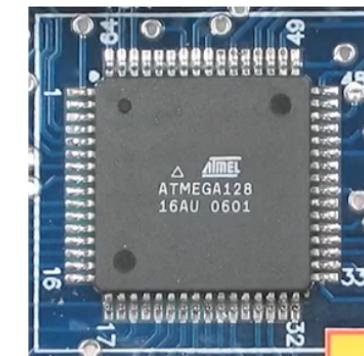
$$u(k) = 0,8u(k-1) + 0,2\varepsilon(k)$$

Equation aux différences

**program CruiseControl**

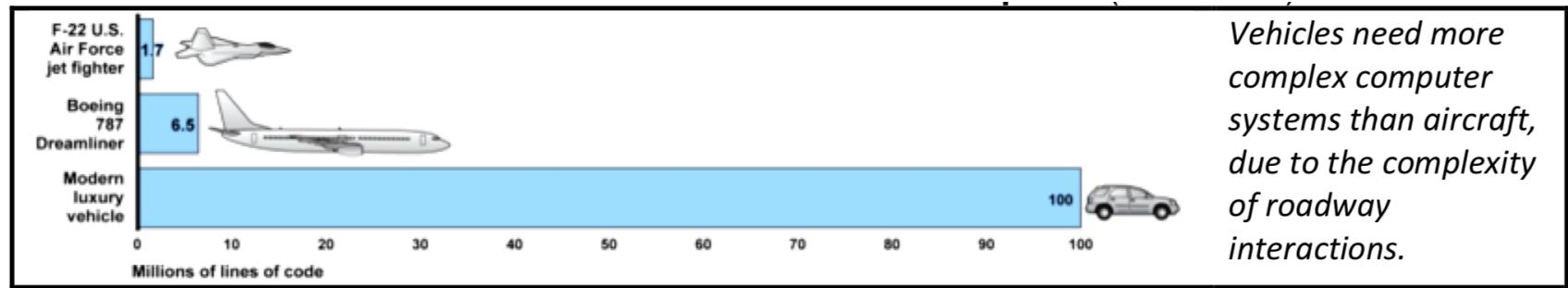
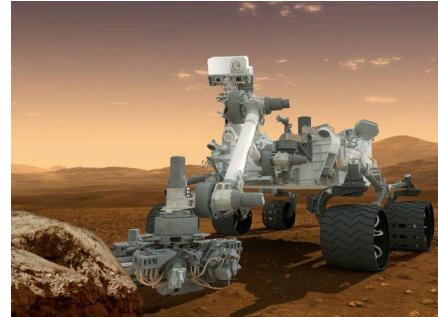
**repeat**

```
r = getReferenceMeasurement
y = getSpeedMeasurement
u = K*(r-y);
sendCommandToEngine(u)
end
```



Micro-contrôleur

# Applications des algorithmes de contrôle numérique



# Objectifs

- Donner des outils et des méthodes pour :
  - l'analyse des régulations numériques, c'est à dire du problème de l'utilisation, en temps réel, de calculateurs numériques ou micro-controleurs afin de commander/piloter des processus physiques
  - la représentation et l'étude des différentes interactions qui apparaissent entre la partie analogique et la partie numérique (CAN/CNA)
  - la synthèse et la mise en œuvre des lois de commande de type PID numérique

# Sommaire de l'EC Automatique numérique

- I. La transformée en Z
- II. Conversion analogique/numérique
- III. Systèmes à temps discret
- IV. Systèmes échantillonnés
- V. Synthèse de correcteurs numériques

# Webographie & bibliographie relative au cours

- *Webographie* (*transparents de cours et énoncés de TD/TP*)
  - [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
  - Karl Johan Åström, Björn Wittenmark, *Computer-controlled systems: theory and design*, (3rd Ed.), Dover Publications, 2011
- Brian Douglas, *Education channel on youtube*
  - *Discrete Control System Lecture*
  - *Regardez la première vidéo sur ce thème*