

Volumes horaires

- **Automatique**

- 5 séances de cours (*de 2h*) 10h
- 6 séances de TD (*de 2h*) – *énoncés en anglais* 12h
- 3 séances de TP (*de 4h*) - *énoncés en anglais* 12h

- **Intervenant en cours**

- H. Garnier

- **Intervenants en TD**

- H. Garnier
- F. Collin

- **Intervenants en TP**

- H. Garnier
- F. Collin
- T. Rutschke

Contrôle des connaissances

- 2 devoirs surveillés (DS)
 - partiel : 1h – 6 décembre 14h – *énoncé en anglais*
 - final : 1h30 – jeudi 23 janvier – *énoncé en anglais*



- 1 compte-rendu (CR) de TP – *énoncé en anglais*
 - A faire en binôme

- Calcul de la note finale

$$\text{Note EC} = 0,5 \text{ DS final} + 0,25 \text{ DS partiel} + 0,25 \text{ CR TP}$$

Conseil, avertissement & Interdiction

- **Conseil**

- Prendre des notes en cours et vous constituer un résumé personnel au fur et à mesure des séances de cours

- **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

- **Interdiction**

- Il est interdit d'utiliser votre PC, tablette et téléphone portable durant les séances de cours !

Prérequis

- **Maths**

- Fonctions usuelles : exponentielle,...
- Décomposition en éléments simples
- Transformée de Laplace
- Résolution d'équations différentielles par transformée de Laplace

Voir le rappel sur la Transformée de Laplace et la décomposition en éléments simples sur le site de cours

- **Logiciel de calculs scientifiques**

- Matlab & Simulink : *revoir, si besoin, les tutoriels d'introduction disponibles sur le site de Mathworks*

MATLAB Onramp

Découvrez les bases de MATLAB® avec ce tutoriel d'introduction gratuit de deux heures consacré aux fonctionnalités et workflows couramment utilisés.

Détails et lancement



Simulink Onramp

Découvrez les fondamentaux de la création, l'édition et la simulation de modèles dans Simulink® en suivant ce tutoriel d'introduction gratuit de trois heures.

Prérequis : Introduction à MATLAB (MATLAB Onramp)

Détails et lancement



Site web pour le cours : *support de cours, énoncés de TD/TP* w3.cran.univ-lorraine.fr/hugues.garnier/?q=content/teaching

Home
Biography
Research
Publications
Contsid
Collaborations
Teaching
Links
Sporting diversion



Hugues Garnier

Navigation

[Add content](#)

[Add file](#)

3

7

9

8

9

since 17/11/23

Teaching

View
Edit

Teaching activities

Since 2018, I have been teaching the following courses at Polytech Nancy:

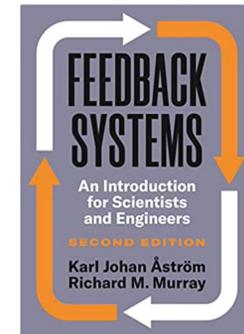
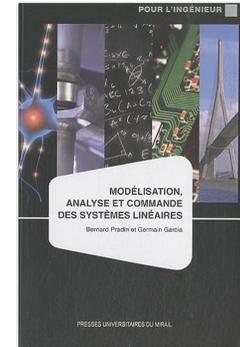
Control Engineering S5 (3A IA2R FISE et 3A M3 FISE)

- Pré-requis de cours
 - [Transformée de Laplace](#)
- Transparents de cours
 - [Introduction à l'Automatique](#)
 - [Modélisation des systèmes](#)
 - [Analyse des systèmes](#)
 - [Stabilité des systèmes](#)
 - [Performances des systèmes bouclés](#)
 - [Correcteurs standards et leurs réglages](#)
 - [Effects of PID actions](#)
 - [More advanced PID-based control](#)
- Travaux dirigés - Solutions TD
- Travaux pratiques
 - [Fichiers pour TP n°1](#)
 - [Fichiers pour TP n°2](#)
 - [Fichiers pour TP n°3](#)
- Contrôles de connaissances
 - [Corrections DS partiel 2023-2024](#)
 - [Corrections DS final 2023-2024](#)
- Feedback about the course from the students
 - [Feedback 3A IA2R 2023](#)
 - [Feedback 3A M3 2023](#)

Ouvrages de référence

- **Ouvrages conseillés**

- B. Pradin, G. Garcia, *Modélisation, analyse et commande des systèmes linéaires*, Presses Universitaires du Midi, 2010
- K.J. Astrom & R. Murray *Feedback Systems An Introduction for Scientists and Engineers*, Princeton University Press, 2021



Version pdf de l'ouvrage disponible

www.cds.caltech.edu/~murray/books/AM08/pdf/fbs-public_24Jul2020.pdf

Autre ressource recommandée pour le cours :
« Matlab Tech Talks » de *Brian Douglas*

The screenshot shows a YouTube interface. At the top, there is a search bar with the text 'Rechercher' and a search icon. Below the search bar, the video player displays the title 'MATLAB Tech Talks with Brian Douglas' in a stylized font. The video progress bar shows 0:33 / 11:41. To the right of the video player, a playlist titled 'Understanding PID Control' is visible, containing 5 videos. The first video is 'What Is PID Control? | Understanding PID Control, Part 1' with a duration of 11:42. The other videos in the playlist are: 'Anti-windup for PID control | Understanding PID Control, Part 2' (10:44), 'Noise Filtering in PID Control | Understanding PID Control, Part 3' (11:53), 'A PID Tuning Guide | Understanding PID Control, Part 4' (12:05), and '3 Ways to Build a Model for Control System Design | Understanding PID Control, Part 5' (13:45).

Les vidéos à regarder seront signalées par ce
symbole dans les transparents



Autre ressource recommandée pour le cours : Le cours sur application mobile de **Quanser**



Experience Controls by Quanser

Experience Controls is a free mobile textbook designed to give you real design intuition and relevant skills in a hands-on way in the control systems engineering space.

The textbook app includes:

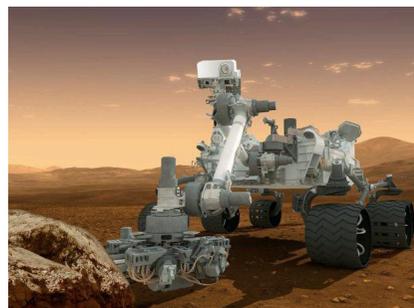
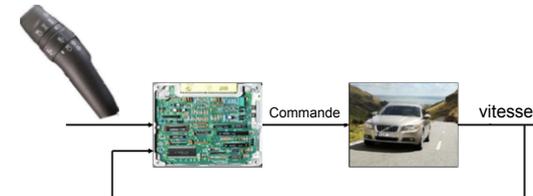
- 50+ lesson modules covering introductory to advanced concepts
- Interactive simulations of industrial-level controls problems
- Mini-lecture podcasts that summarize key takeaways for each chapter, available in-app or in your preferred podcast player
- End-of-chapter review questions to check your understanding



Automatique

Ensemble des sciences et des techniques pour l'étude des systèmes fonctionnant *sans intervention humaine*

- Stabiliser les systèmes complexes
- Contrôler : réguler, asservir



Automatique

- Permet de faire des actions « impossibles » pour l'homme
- Discipline qualifiée souvent de « *cachée* » ou « *d'enfouie* »
- S'appuie sur des *maths sympas* !

**Garder le contrôle...
... à l'aide
des mathématiques**

Karine Beauchard, chargée de recherche CNRS à l'École polytechnique
Jean-Michel Coron, professeur à l'Université Pierre et Marie Curie
Pierre Rouchon, professeur à Mines-ParisTech

Contraindre la trajectoire d'un satellite, réguler la température de sa maison, stabiliser le niveau d'eau d'un canal... les situations nécessitant que l'on contrôle une donnée, une quantité, une position, sont omniprésentes. Ces problèmes sont l'objet d'une théorie mathématique très riche : la théorie du contrôle.

L'Automatique est au cœur de tout !

- Transports : automobile, aéronautique, aérospatiale, navale, portuaire et ferroviaire
- Industries chimique, pharmaceutique, sidérurgique, papetière, agroalimentaire
- Robotique, mécanique
- Systèmes de télécommunications
- Énergies hydraulique, éolienne, solaire, nucléaire
- Agriculture
- Santé (*biologie et médecine*)
- Economie et finance,...

T. Samad, A.M. Annaswamy (Eds.). The Impact of Control Technology, Overview, Success Stories, and Research Challenges, 2011. www.ieeecss.org



Visionner la vidéo de Brian Douglas : *Why learn control theory*

https://www.youtube.com/watch?v=oBc_BHxw78s&t=10s

Plateformes expérimentales utilisées lors des 3 séances de TP (salle C311)



Robot 3Pi+



Qube Servo 2



Mini-drone Tello

Un exemple de domaine d'applications L'automatique dans le secteur automobile

- Les premiers véhicules autonomes sans conducteur sont déjà en fonctionnement aux Etats-Unis !



Poppy : le robotaxi autonome à San Francisco

<https://www.youtube.com/watch?v=Vf44Pw3BqUI>

et

https://www.youtube.com/watch?v=gVCDLTWpI_k



Waymo : le robotaxi autonome en fonctionnement

https://www.youtube.com/watch?v=ilcrMz_hWz8

TP 1

Suiveur de ligne pour le robot mobile 3pi+



<https://www.youtube.com/watch?v=HDC8DPrZIUw&t=14s>

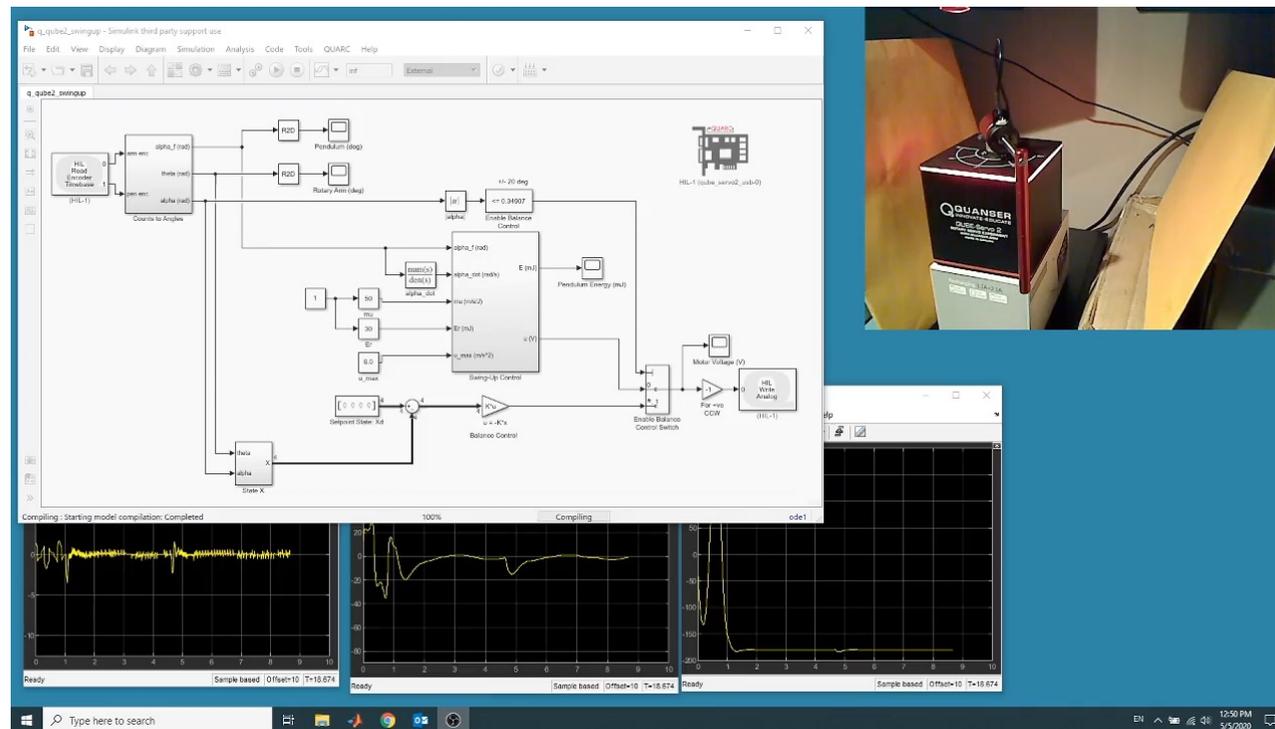
13 oct. 2024 - SpaceX

Retour réussi du premier étage de la fusée Starship



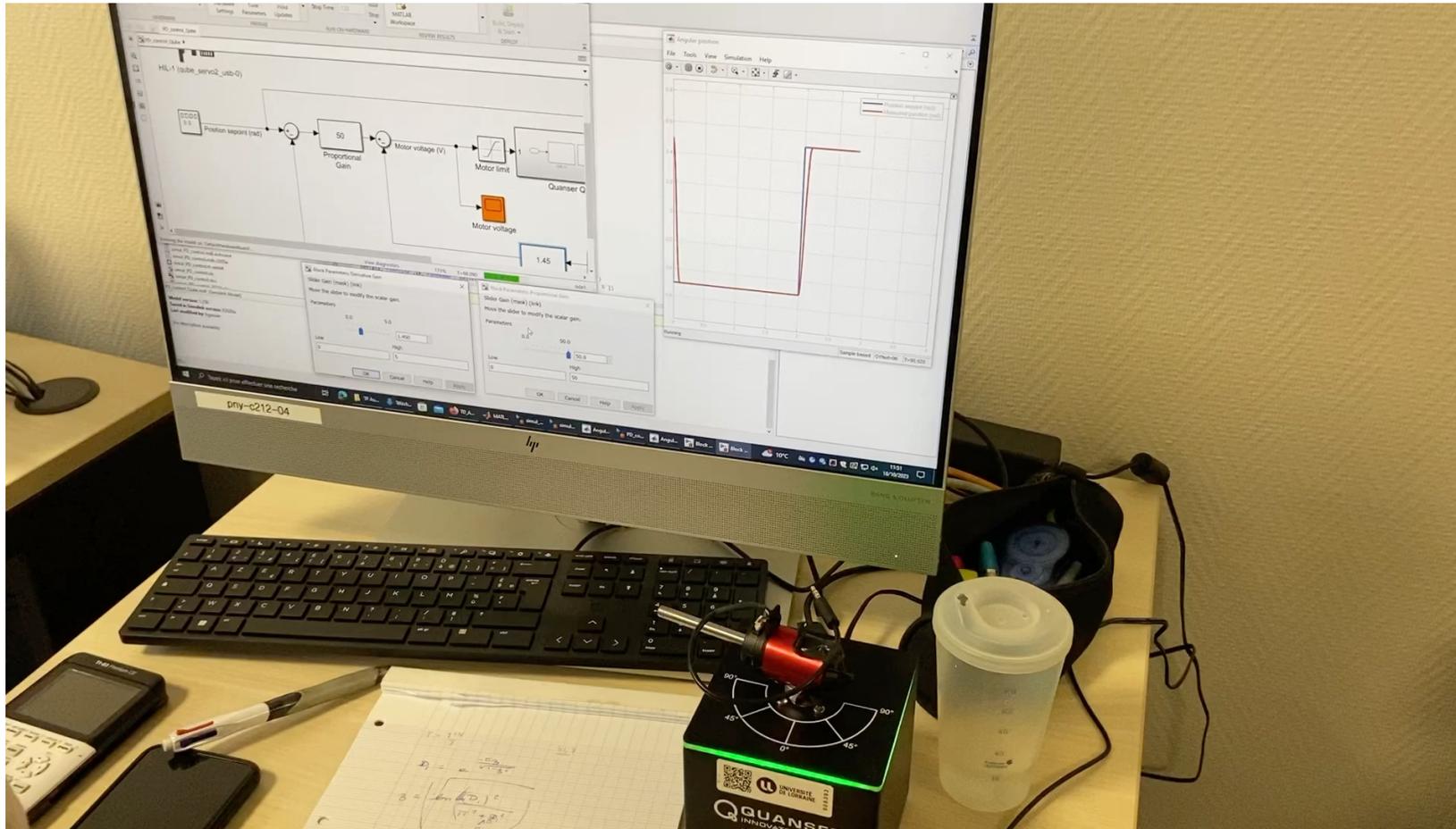
<https://www.youtube.com/watch?v=k11DobvRNf8>

Redressement et stabilisation du pendule inverse rotatif QUBE Servo-2 (TP en 4A)



TP 2

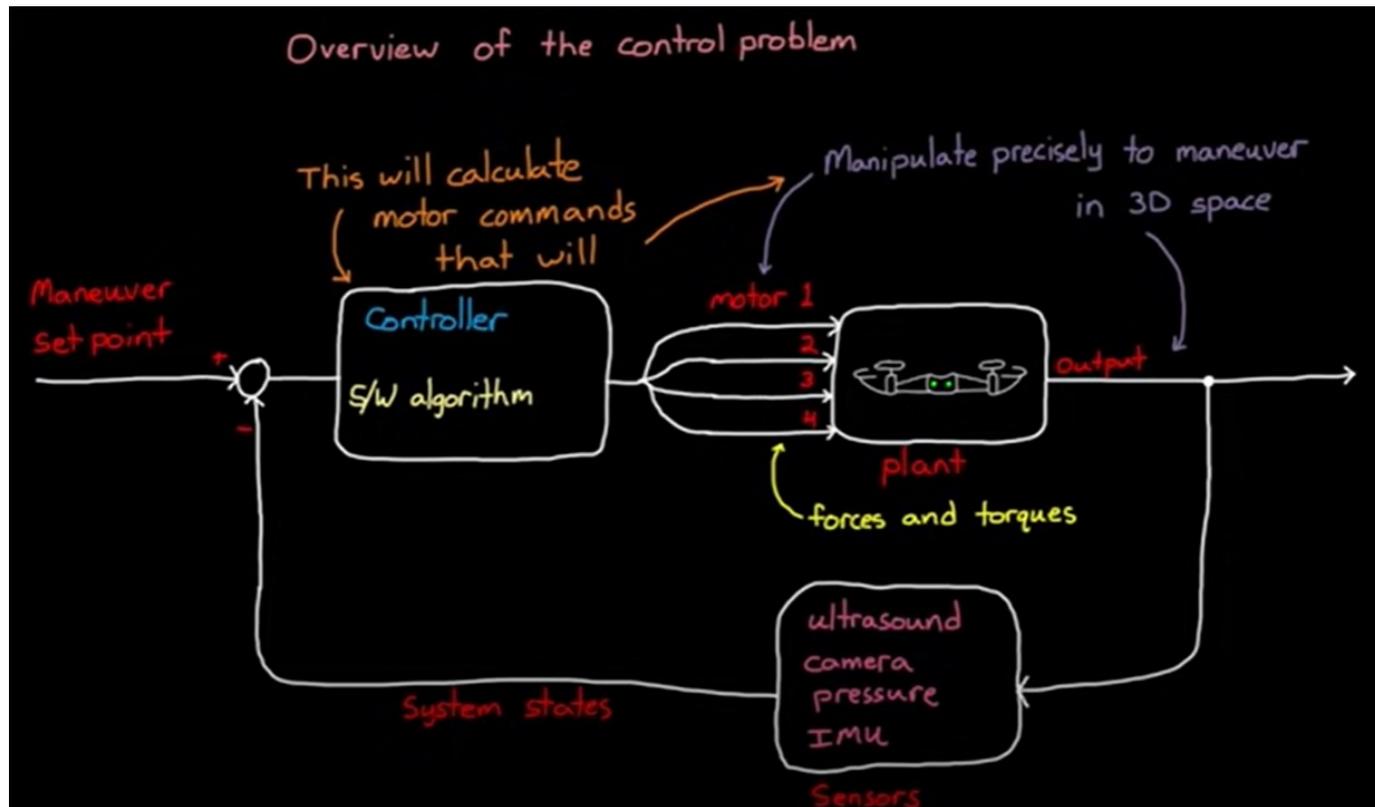
Contrôle de la position angulaire du bras du QUBE-servo 2



Autonomous drone racing



TP 3 *(new)* – Contrôle d'altitude du mini-drone Tello



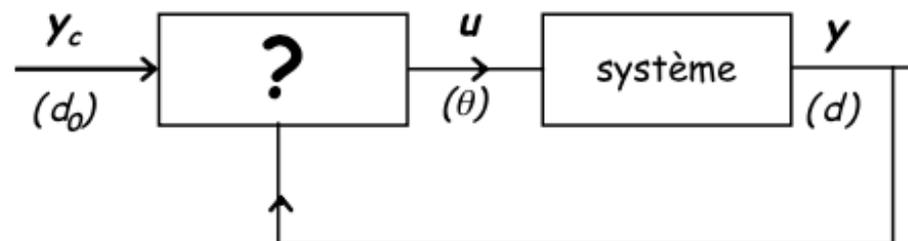
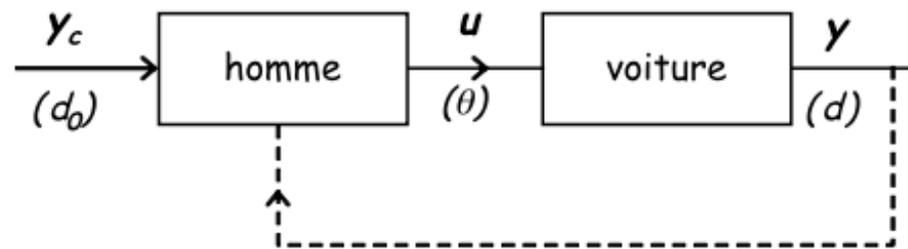
TP 3 (*new*) – Contrôle d'altitude du mini-drone Tello



https://www.youtube.com/watch?v=3_nG_Bt4yRc&t=1s

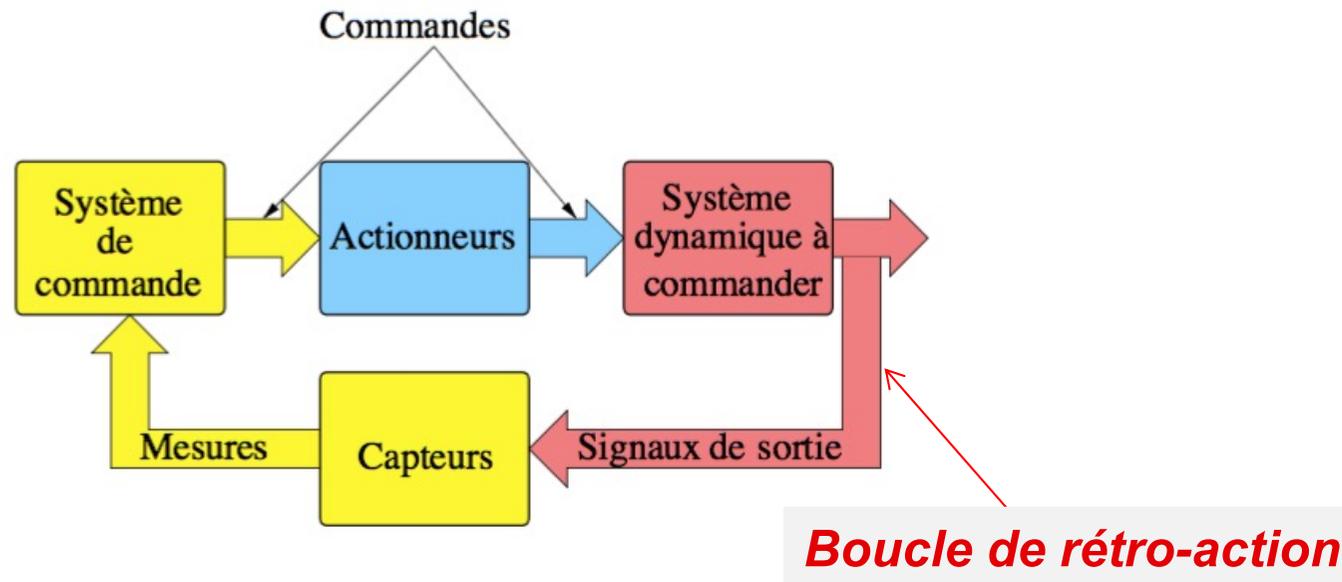
Finalité de l'Automatique

- **Remplacer l'homme** ou de suppléer à ses limites pour commander/piloter/contrôler un système



Principe fondamental de l'Automatique : *la boucle fermée ou rétro-action*

- Le principe de base consiste à mesurer le signal de sortie pour ajuster le signal de commande : **rétro-action (feedback)**



- La commande en **boucle fermée** reproduit donc le comportement humain normal

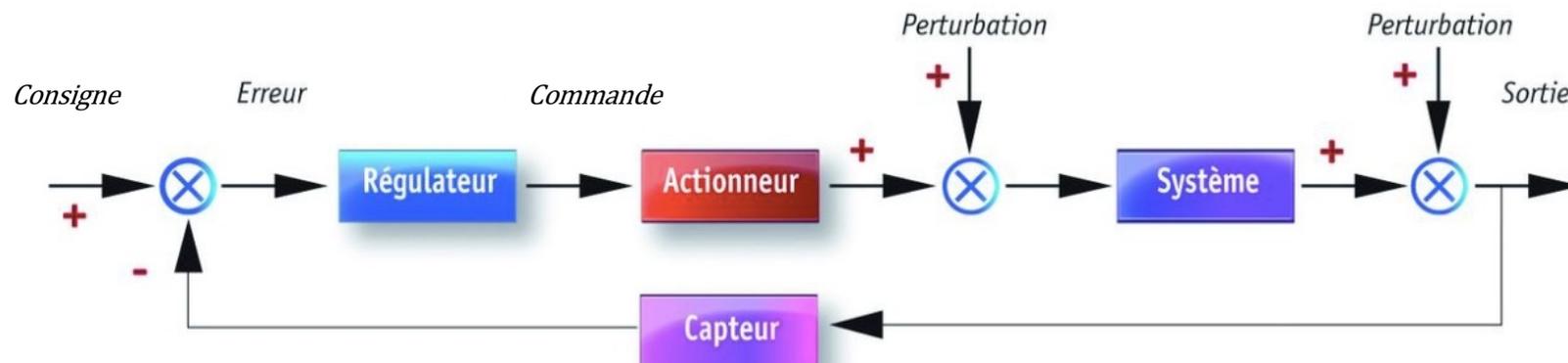
Observation → réflexion → action

Les trois éléments fondamentaux d'une commande (*automatique*) en boucle fermée

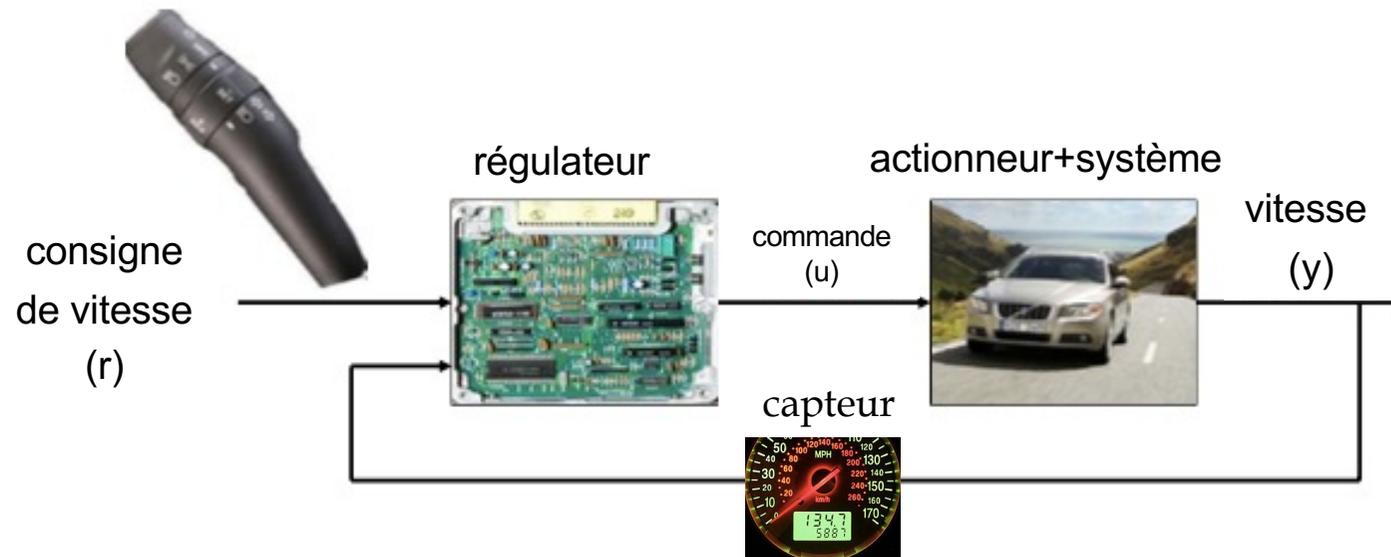


www.youtube.com/watch?v=XJLMW6I303g

- ① **Capteur**
- ② **Régulateur/Contrôleur**
- ③ **Actionneur**



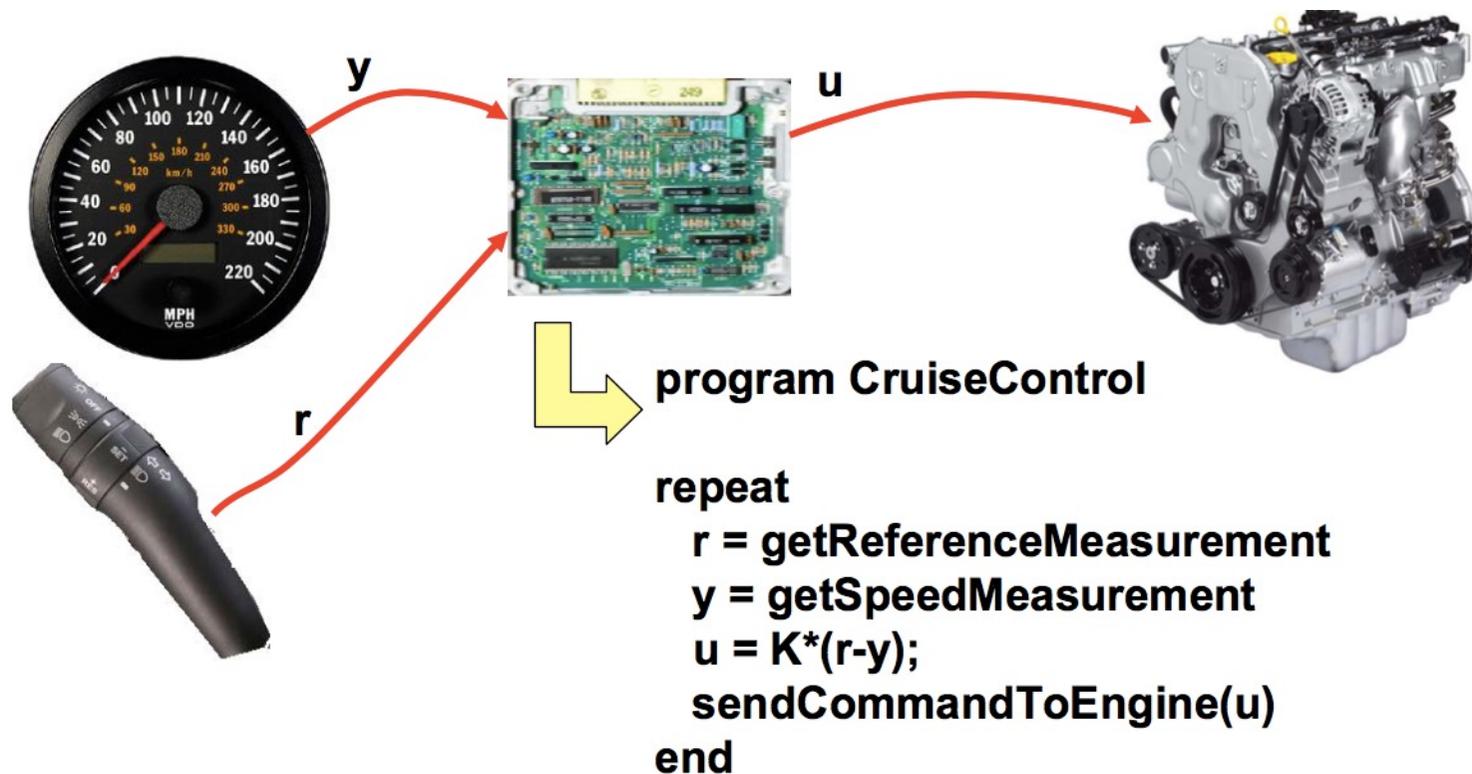
Exemple : régulateur de vitesse d'une voiture



1. On définit la vitesse désirée (objectifs)
 - On veut rouler à 110 km/h
2. On mesure la vitesse à l'aide d'un **capteur**
 - On roule à 100km/h (*par exemple*)
3. Le **régulateur** détermine l'action à effectuer
4. La nouvelle commande est appliquée via l'**actionneur**

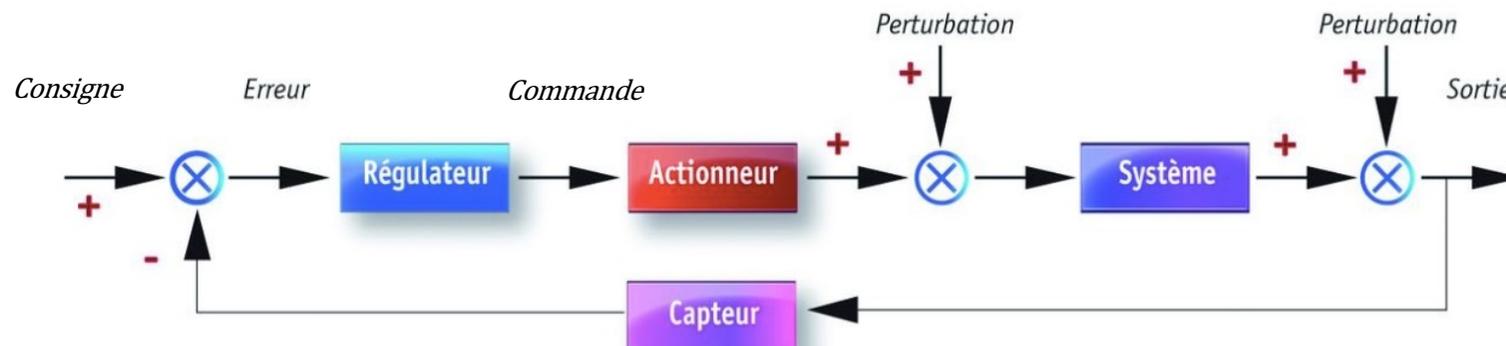
Concrètement, c'est quoi un régulateur de vitesse ?

- C'est un **programme** exécuté par l'ordinateur de bord, qui d'après la vitesse désirée et mesurée, détermine la commande à envoyer au moteur

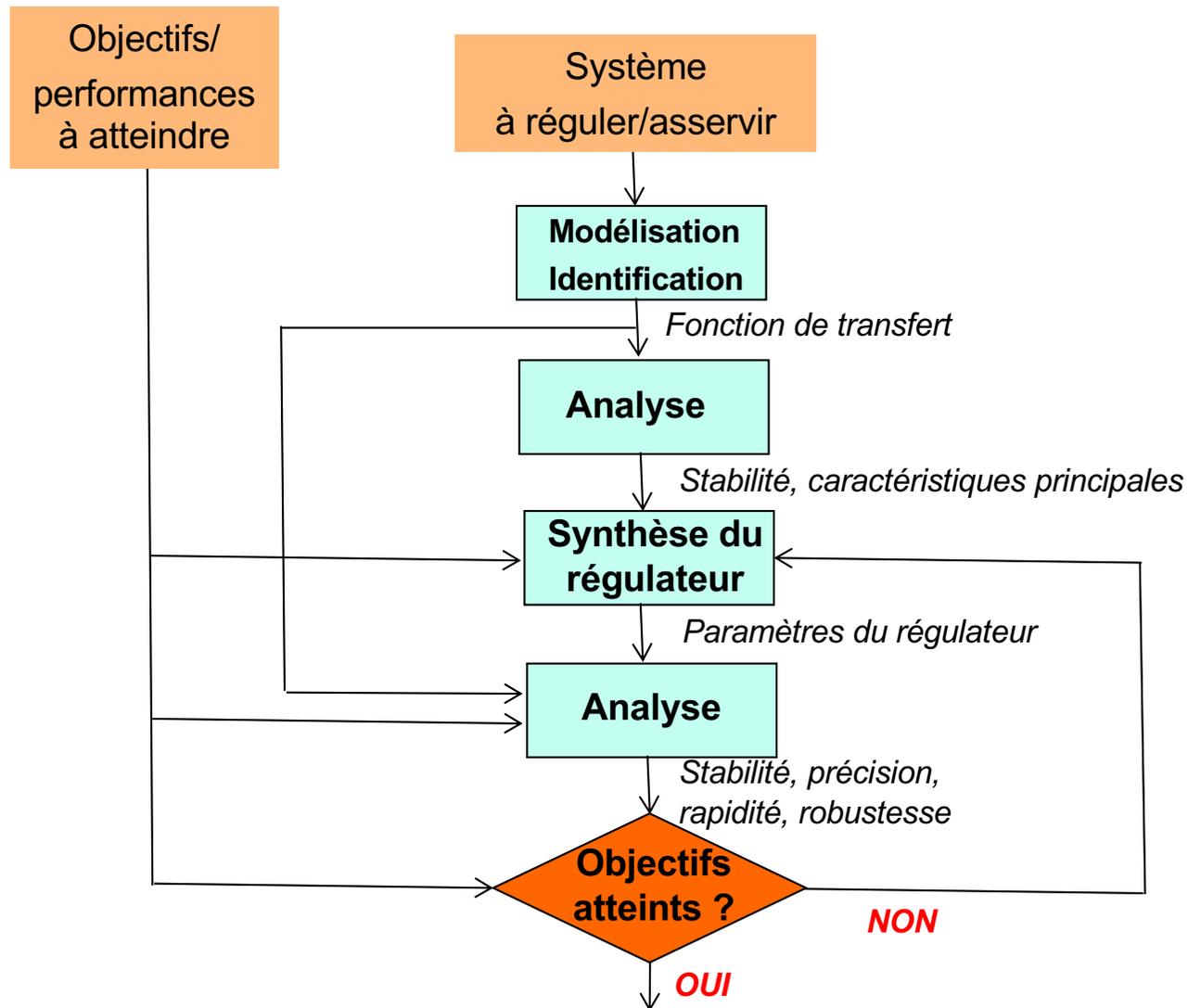


Asservissement ou régulation ?

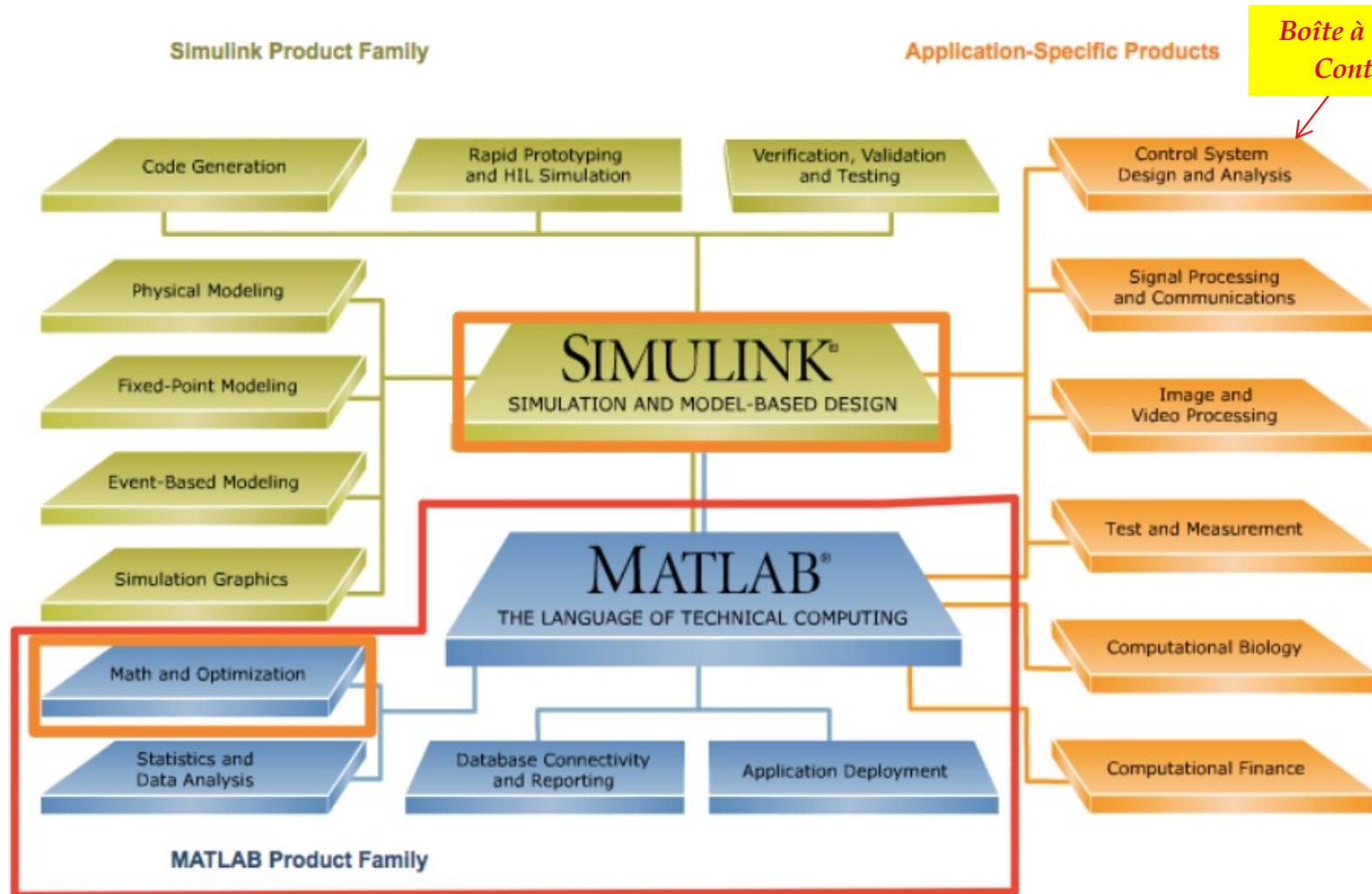
- On distingue deux types de problèmes en Automatique :
 - **Asservissement** : poursuite/suivi par la sortie d'une **consigne variable au cours du temps**
 - Asservissement de position : bras de robot, ascenseur, poursuite d'une trajectoire lors du lancement d'une fusée, ...
 - **Régulation** : rejet de l'effet de **perturbations** variables sur la sortie autour d'une **consigne fixe au cours du temps**
 - Régulation de vitesse, de température, de débit...



Les étapes de conception d'une commande en boucle fermée



Exploitation de Matlab pour faciliter l'analyse



www.matlabexpo.com/fr/

What Control System Engineers Do ?

From Brian Douglas : « *Control Systems in Practice: What Control System Engineers Do* »

<https://www.youtube.com/watch?v=ApMz1-MK9IQ>



Vos objectifs à l'issue du cours

- Maîtrise du **vocabulaire** spécifique à l'Automatique
- Maîtrise des principales notions liées à la modélisation et à l'analyse des systèmes dynamiques
 - **Modèles des systèmes**
 - **Réponse temporelle de systèmes**
 - **Stabilité des systèmes**
- Maîtrise des outils mathématiques associés
 - **Transformée de Laplace**
 - **Critère de Routh-Hurwitz**
- Etre capable de faire la synthèse des correcteurs les plus courants
 - **Correcteurs PID**

Plan du cours

- ① Introduction à l'Automatique - Modélisation des systèmes
 - ② Analyse des systèmes
 - ③ Stabilité des systèmes
 - ④ Systèmes bouclés : commande, stabilité et performances
 - ⑤ Correcteurs standards et leurs réglages
- 