



# CentraleSupélec

## Asservissement rigide de drones

---

Hugo LEVY-FALK et Joanne STEINER

Soutenance de projet

CentraleSupélec

# Introduction

---

Asservissement plus "rigide" d'un drone

Asservissement plus "rigide" d'un drone

- Stabilité

Asservissement plus "rigide" d'un drone

- Stabilité
- Rapidité

- Une bibliothèque d'automatique;
- Un exemple d'asservissement en simple boucle.

## Utilisation de la bibliothèque

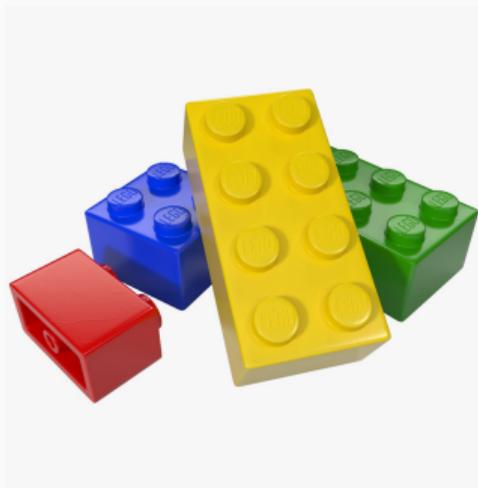
---

# Pourquoi ?

- Faire de l'automatique avec ROS;
- Utilisable dans des cas plus généraux que l'asservissement d'un drone.

# Fonctionnement

- Script Python permettant de créer des nœuds;
- Fichiers de configuration pour gérer les paramètres dynamiquement;
- Fichiers launch pour relier les nœuds entre eux.



- On a les nœuds suivants :
  - `ProportionalNode`;
  - `SaturateNode`;
  - `DerivativeNode`;
  - `DifferentiateNode`;
  - `SumNode`;
  - `InputNode`;
  - `RateNode`.
- Calcul de la vitesse du nœud `DerivativeNode` grâce à un filtre de SAVITZKY-GOLAY.

# Performances de SAVITZKY-GOLAY

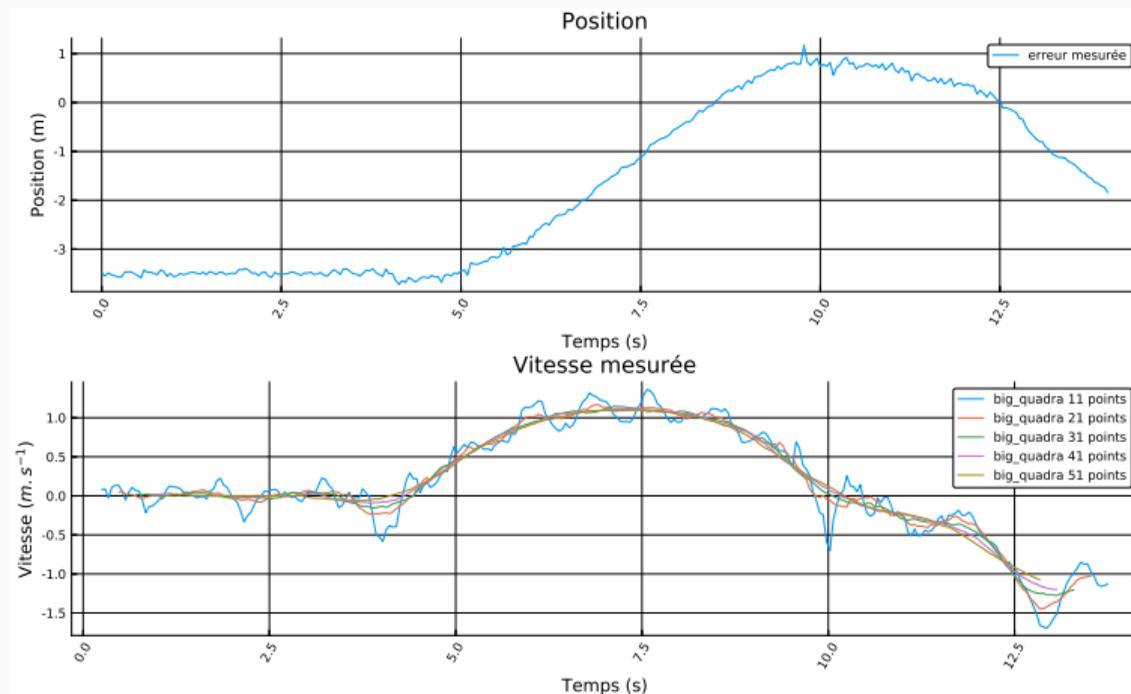
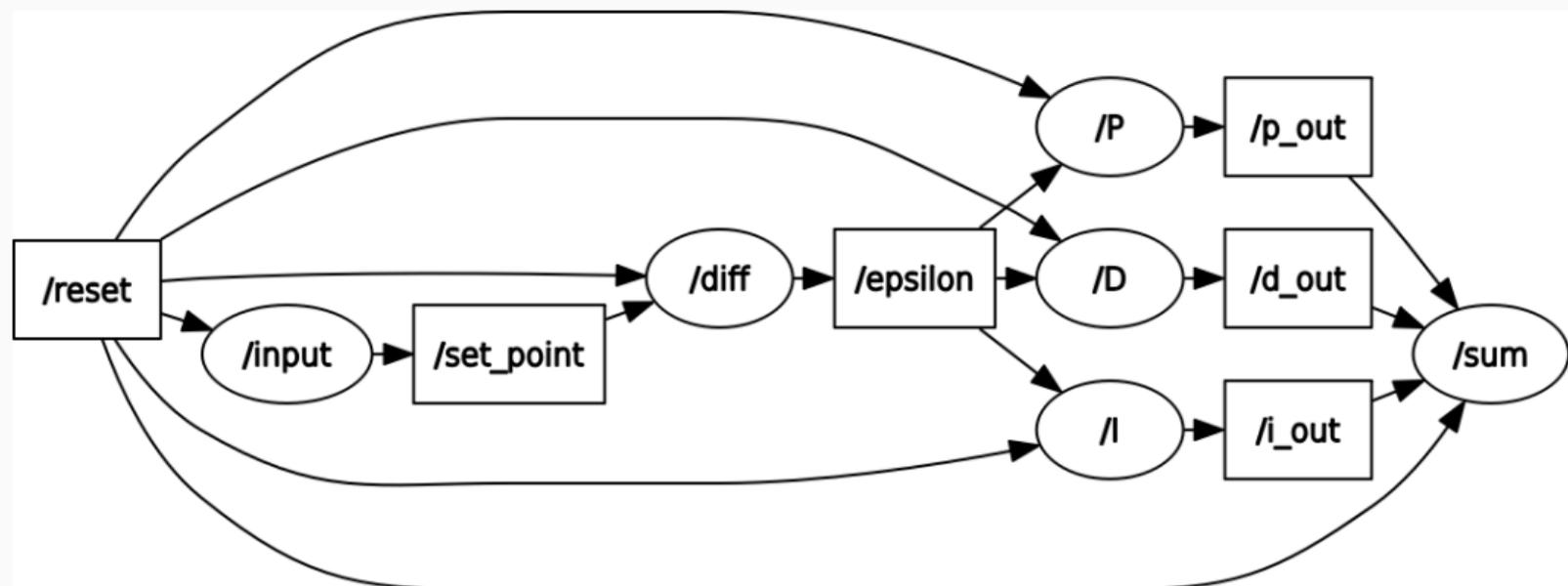


FIGURE 1 – Filtre de SAVITZKY-GOLAY

```
python control_compute.py derivative
python control_compute.py proportional
python control_compute.py sum 3
...
```

## Utilisation du script



## Interface avec le drone

---

- Objectif : Asservir le drone;
- Livrable : Une bibliothèque pour faire de l'automatique.

- Idée du script : Détecter les zones d'une couleur choisie ;
- Possibilité de modifier dynamiquement la couleur.

# Détection du bleu

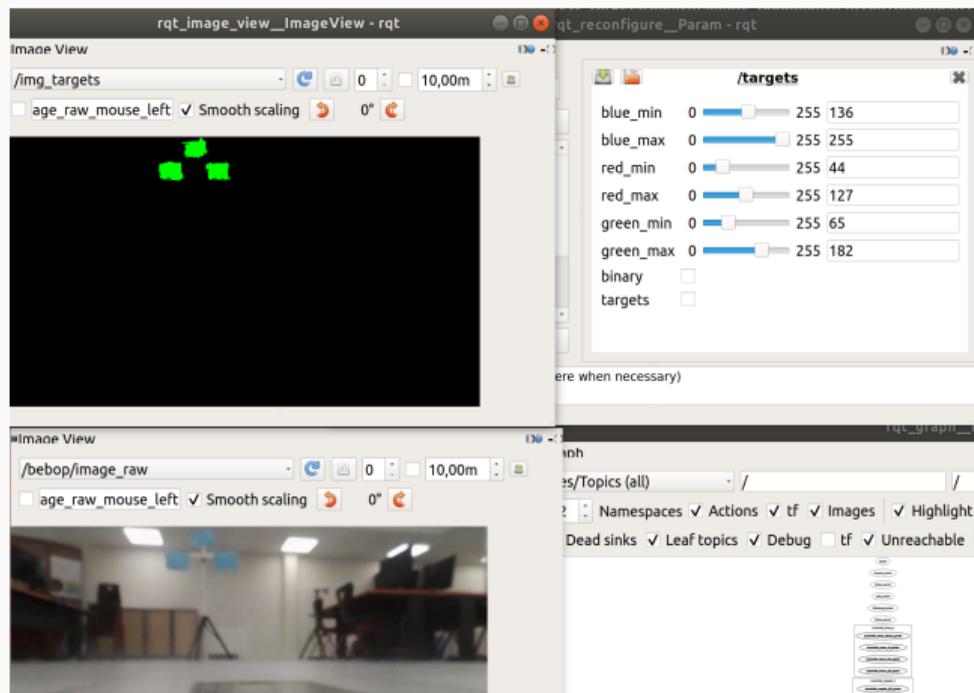


FIGURE 2 – Cibles bleues

# Détection du jaune

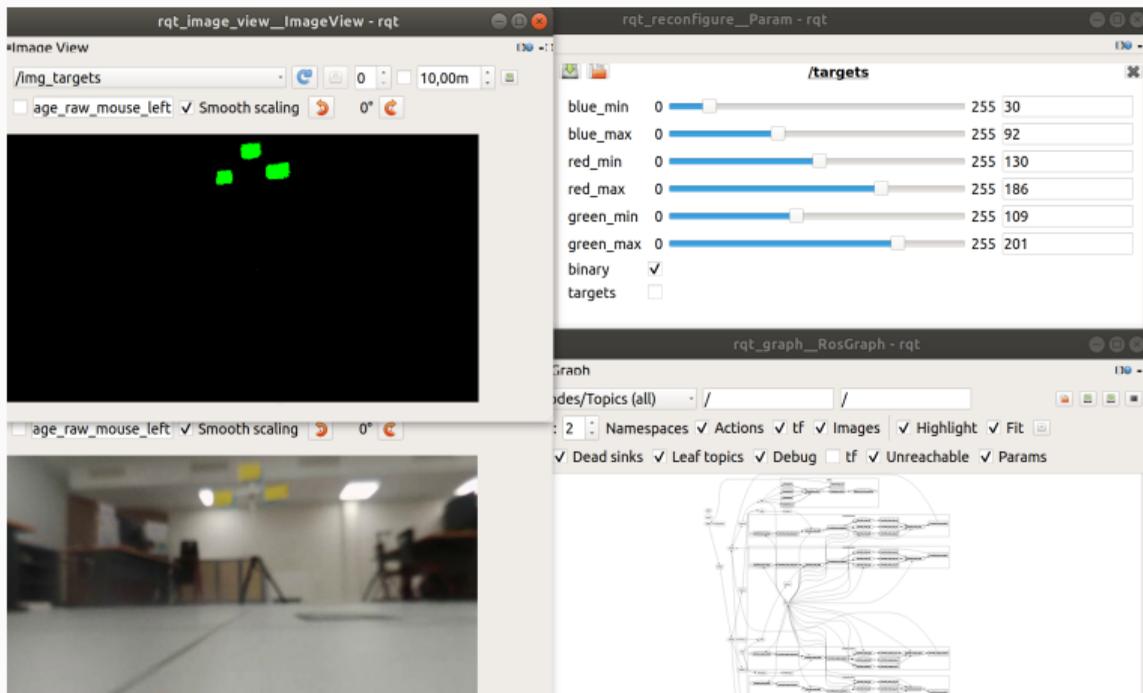
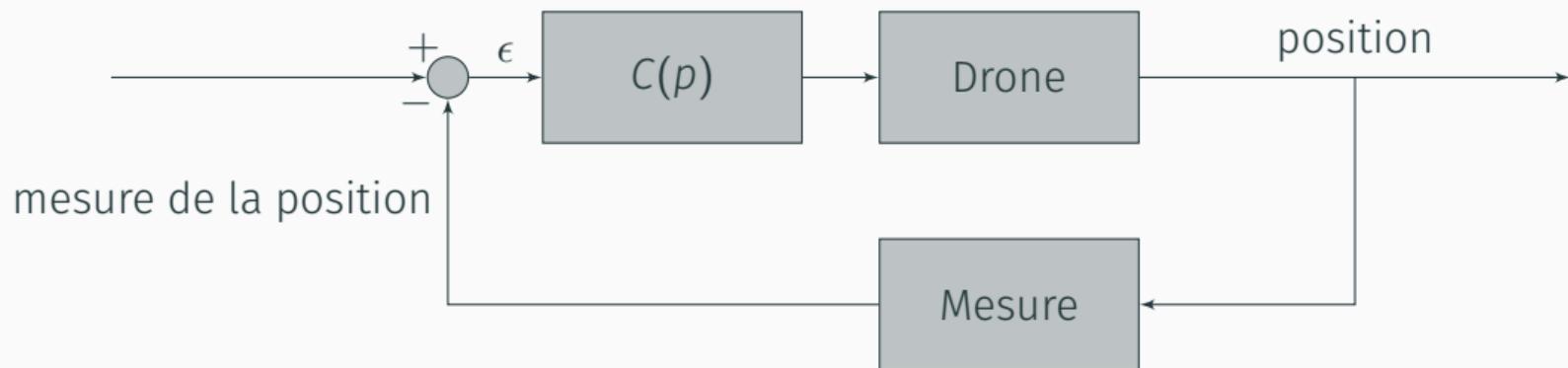


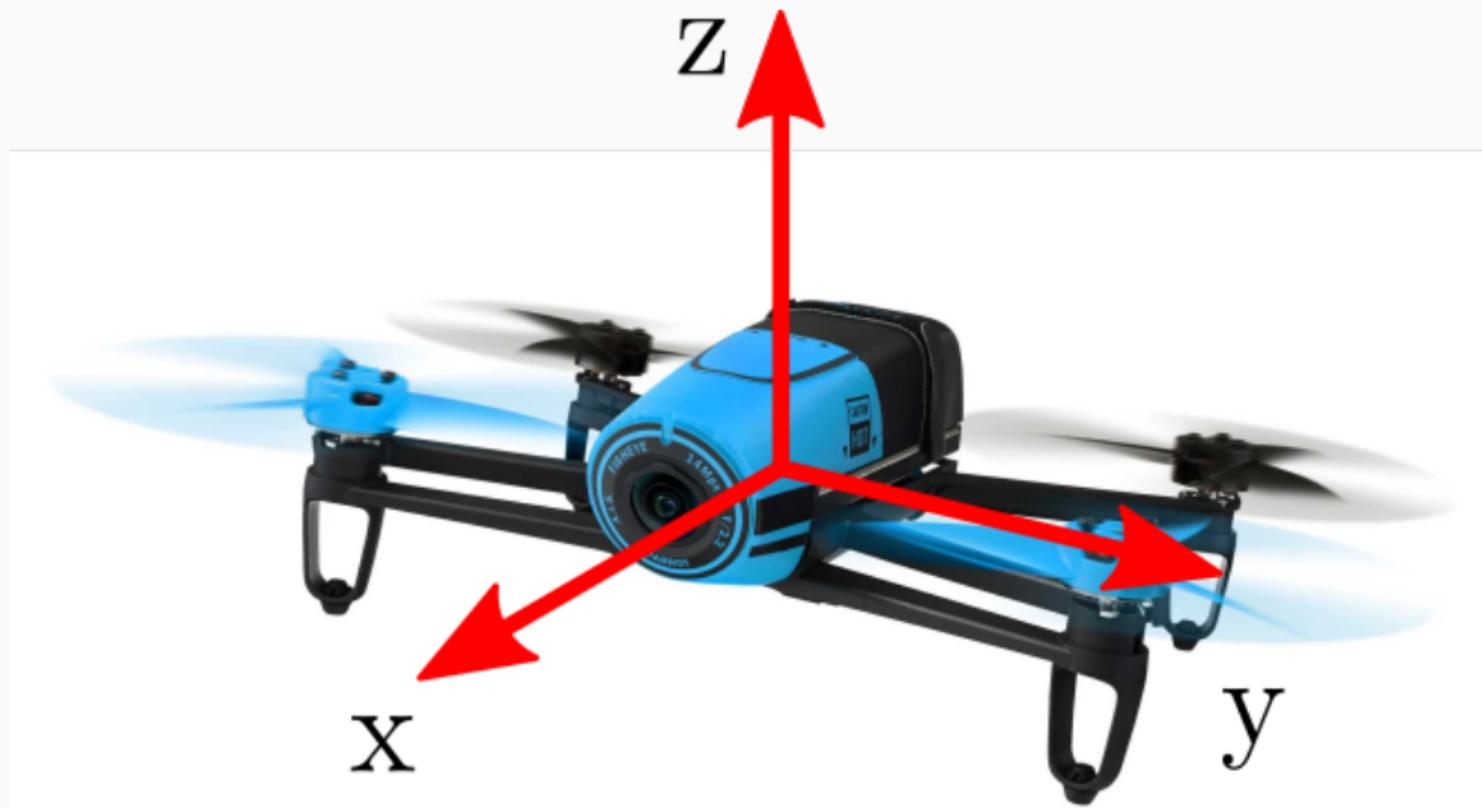
FIGURE 3 – Cibles jaunes



## Simple boucle : Principe



## Axes du drone



## Diagramme de bode selon l'axe z et l'angle z

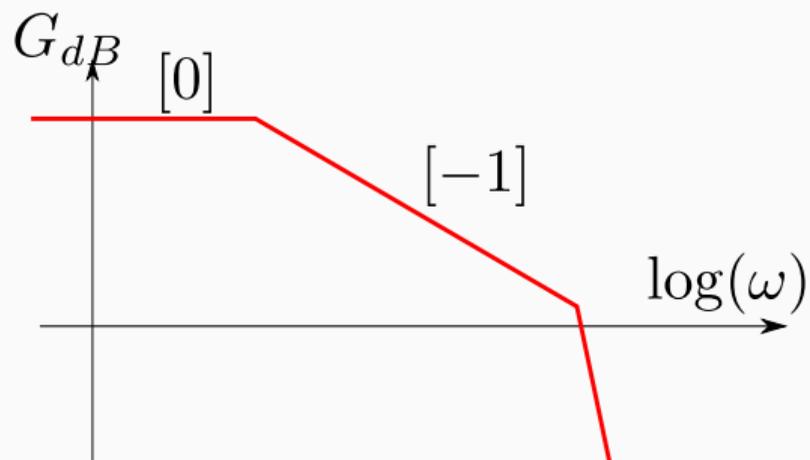


FIGURE 4 – Diagramme de Bode simplifié

$$C(p) = K_p + K_i/p + K_d p$$

## Diagramme de Bode selon les axes x et y

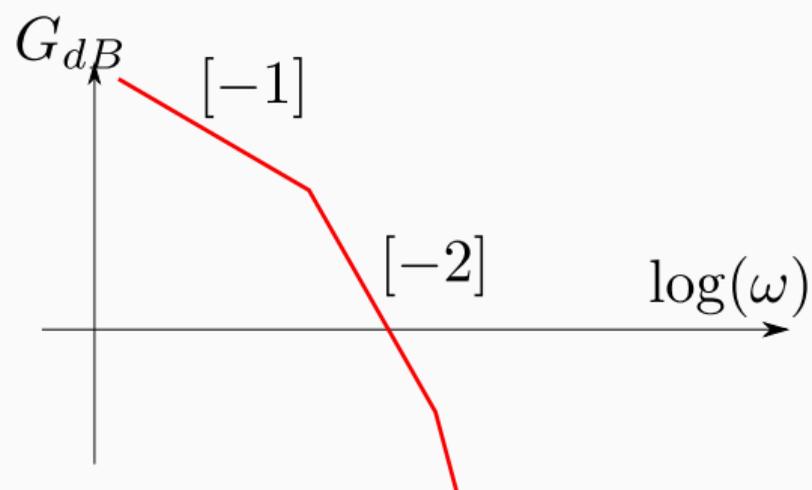


FIGURE 5 – Diagramme de Bode simplifié

$$C(p) = K_p + K_d p$$

- Axe z et angle z : Méthode de ZIEGLER-NICHOLS en oscillations entretenues, puis ajustements;
- Axe x et y : Méthode empirique car ZIEGLER-NICHOLS trop instable;
- Amélioration éventuelle avec une double boucle

## Conclusion

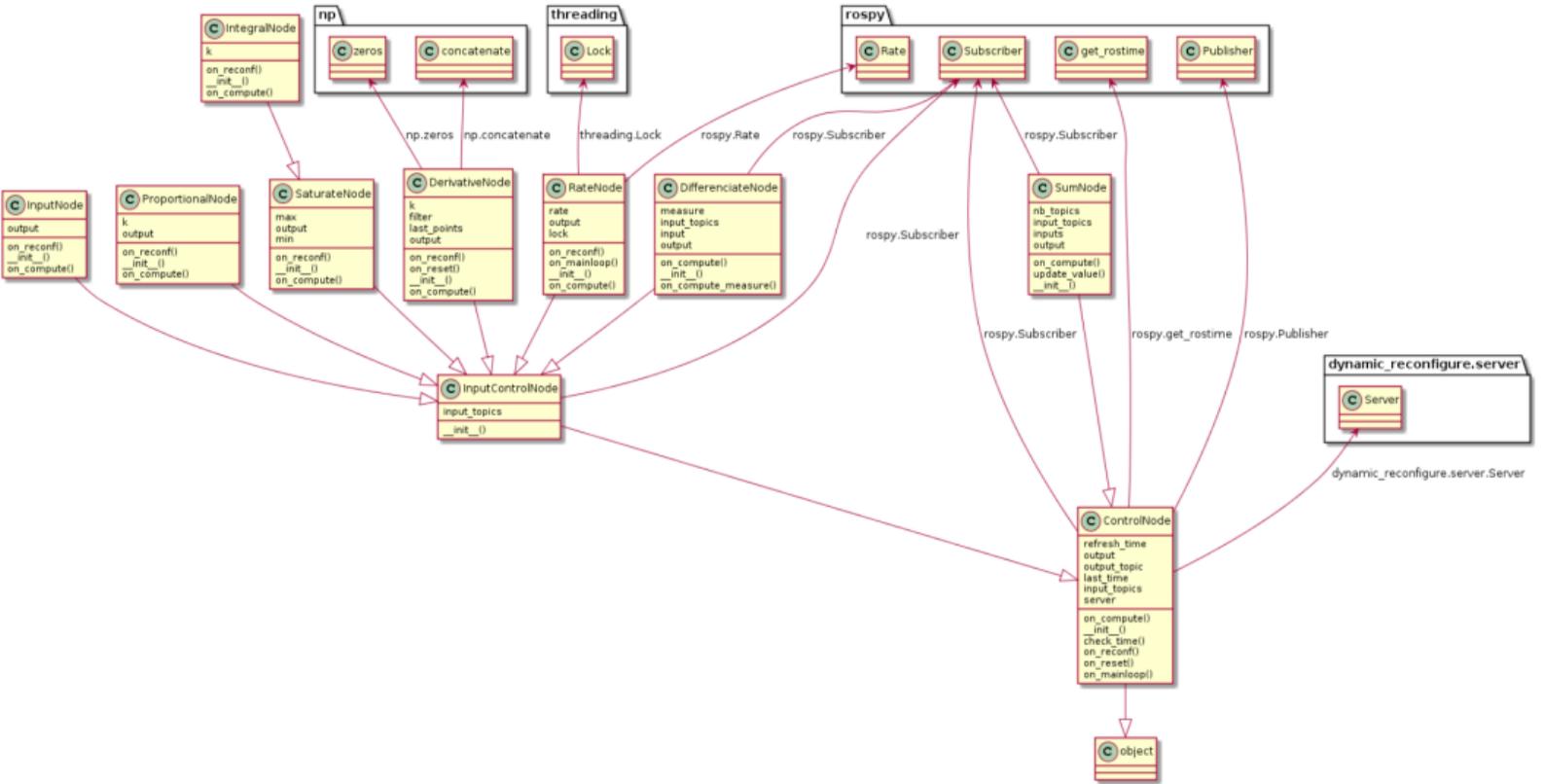
---

# Conclusion

- Bibliothèque fonctionnelle;
- Asservissement fonctionnelle extensible à d'autres applications;
- Extension éventuelle à une double boucle.



# Diagramme UML



$((x_i, y_i))_{i \in 1;n}$  les  $n$  points de la fenêtre  
Polynôme  $a_0 + a_1X + \dots + a_kX^k$

En supposant les  $x_i$  centrés en 0 et  
espacés régulièrement d'un pas  $h$ , et  $k$   
impair,

$$\left\| \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \cdots & x_1^k \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \cdots & x_2^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \cdots & x_n^k \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_k \end{pmatrix} \right\|^2$$

$$L((y_k), (a_k)) = \underbrace{\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}}_{=Y} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & -\lfloor \frac{n}{2} \rfloor & (-\lfloor \frac{n}{2} \rfloor)^2 & \cdots & (-\lfloor \frac{n}{2} \rfloor)^k \\ 1 & (-\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor) & (-\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor)^2 & \cdots & (-\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor)^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & -1 & (-1)^2 & \cdots & (-1)^k \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & (1) & (1)^2 & \cdots & (1)^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & (\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor) & (\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor)^2 & \cdots & (\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor)^k \\ 1 & (\lfloor \frac{n}{2} \rfloor) & (\lfloor \frac{n}{2} \rfloor)^2 & \cdots & (\lfloor \frac{n}{2} \rfloor)^k \end{pmatrix}}_{=M} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} a'_0 \\ a'_1 \\ \vdots \\ a'_k \end{pmatrix}}_{=A} \quad ^2$$

$$\frac{\partial L}{\partial(A)}(A) = -2 \cdot M^T \cdot (Y - M \cdot A) \quad (1)$$

$$A = \underbrace{(M^T \cdot M)^{-1}}_{=B} \cdot M^T \cdot Y \quad (2)$$

Dérivée d'ordre  $d$ , on convolue le signal par le filtre RIF  $[b_1, \dots, b_n]$ , avec

$$\forall i \in 0 ; n, b_i = B_{d, n-i} \quad (3)$$

## Méthode de ZIEGLER-NICHOLS

Type de contrôle	Paramètres de réglage
P.I.D	$K_p = 0.6K_u$ $K_i = \frac{T_u}{2}$ $K_d = \frac{T_u}{8}$
P.I.D peu de dépassement	$K_p = 0.33K_u$ $K_i = \frac{T_u}{2}$ $K_d = \frac{T_u}{3}$
P.I.D aucun dépassement	$K_p = 0.2K_u$ $K_i = \frac{T_u}{2}$ $K_d = \frac{T_u}{3}$

# Double boucle

