

# CoBRA2024

## Équipe Modélisation, Contrôle/Commande

DELAUNE Ferdinand  
TROHMAE Ukanë  
POSTÉ Louis  
BONNEVILLE Emile  
TIMOCHENKO Sergey  
BOUGEARD Gaël

## Présentation S1

# Sommaire

- I. Présentation générale
- II. Bibliographie et modélisation pour l'axe vertical
- III. Identification des paramètres du modèle
- IV. Expérimentation et mise en relation des résultats
- V. Asservissements
- VI. Conception d'une carte
- VII. Perspectives pour le S2

# Présentation générale

Etat actuel du projet :

- Ballon gonflé à l'hélium
- Scratches d'accrochage
- Carte électronique avec raspberry pi 0

Ne permet pas au dirigeable de se déplacer sans pilote

Notre rôle :

- Créer un modèle permettant de décrire le comportement du dirigeable dans l'optique de l'automatiser

# Bibliographie

D'après la bibliographie, on trouve qu'on peut modéliser le comportement du dirigeable par cette équation (2nde loi de Newton) :  $m\ddot{z} = F_p + F_b - G - F_r$

Éléments pris en compte dans le modèle et hypothèses :

- Force de propulsion du moteur :  $F_p$
- Force de gravité : (considérée constante)  $G$
- Frottements de l'air (proportionnel à la vitesse) :  $F_r$
- Poussée d'Archimède : (considérée constante et opposée à la gravité)  $F_b$
- Temps de réponse du moteur  $\rightarrow$  phénomène de retard (supposé négligeable)
- Le contrôle du dirigeable dans toutes les directions est découplé

Ce qui donne finalement :  $\ddot{z}(t) = a\dot{z}(t) + bu(t - \tau) + c$

$c = 0$  grâce aux hypothèses

# Modélisation pour l'axe vertical

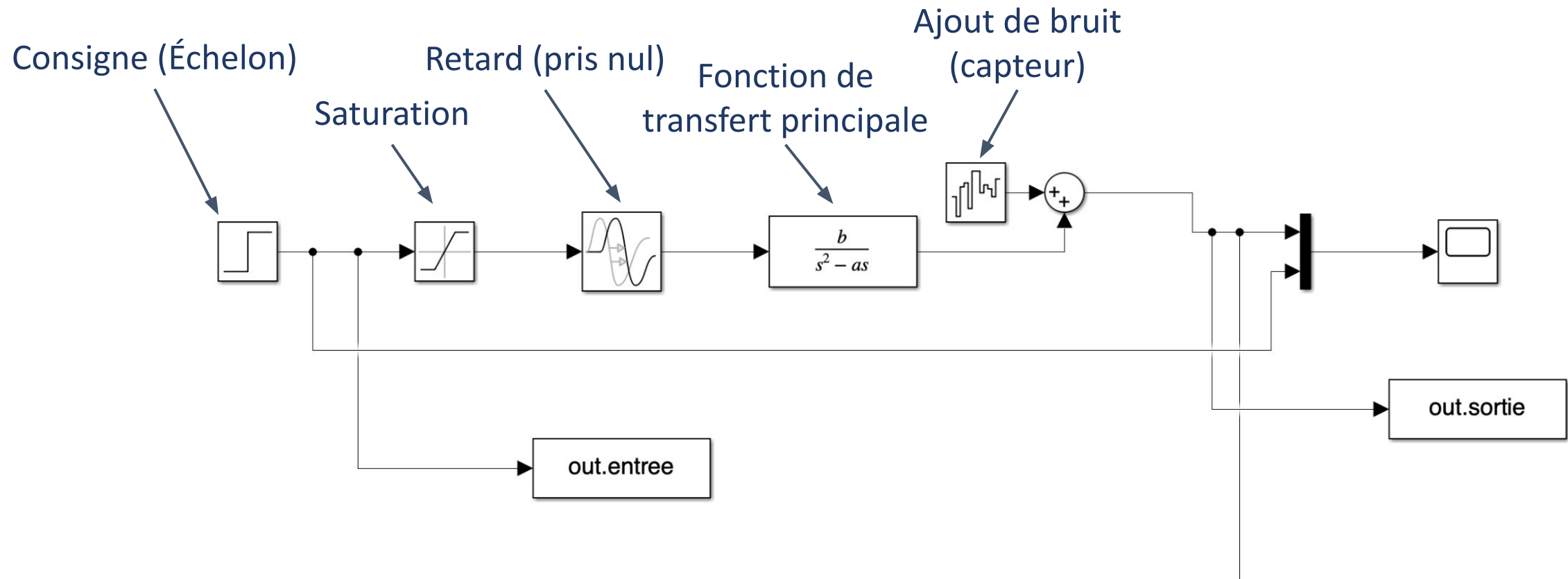
Implémentation sur Matlab :

- Passage de l'équation dans le domaine de Laplace :  $s^2.Z(s) = a.s.Z(s) + b.e^{-\tau.s}.U(s)$
- D'où la fonction de transfert :  $\frac{Z(s)}{U(s)} = \frac{b.e^{-\tau s}}{s^2 - a.s}$

Problématique : Comment déterminer a et b ?

- Modèle de connaissance
- Modèle dit "Boîte noire"

# Modélisation pour l'axe vertical



# Mise en oeuvre

Modélisation :

Choix d'un modèle théorique

Identification des paramètres

Essais :

Réponse du système non asservi :

- consigne échelon

Réponse du système asservi :

- consigne échelon
- perturbations

# Méthode d'identification

Modèle d'ordre 2 : identification du système par analyse d'une réponse indicielle

Outil d'identification : System Identification (Matlab)

Objectif : Trouver les meilleurs paramètres pour avoir l'identification la plus fiable possible



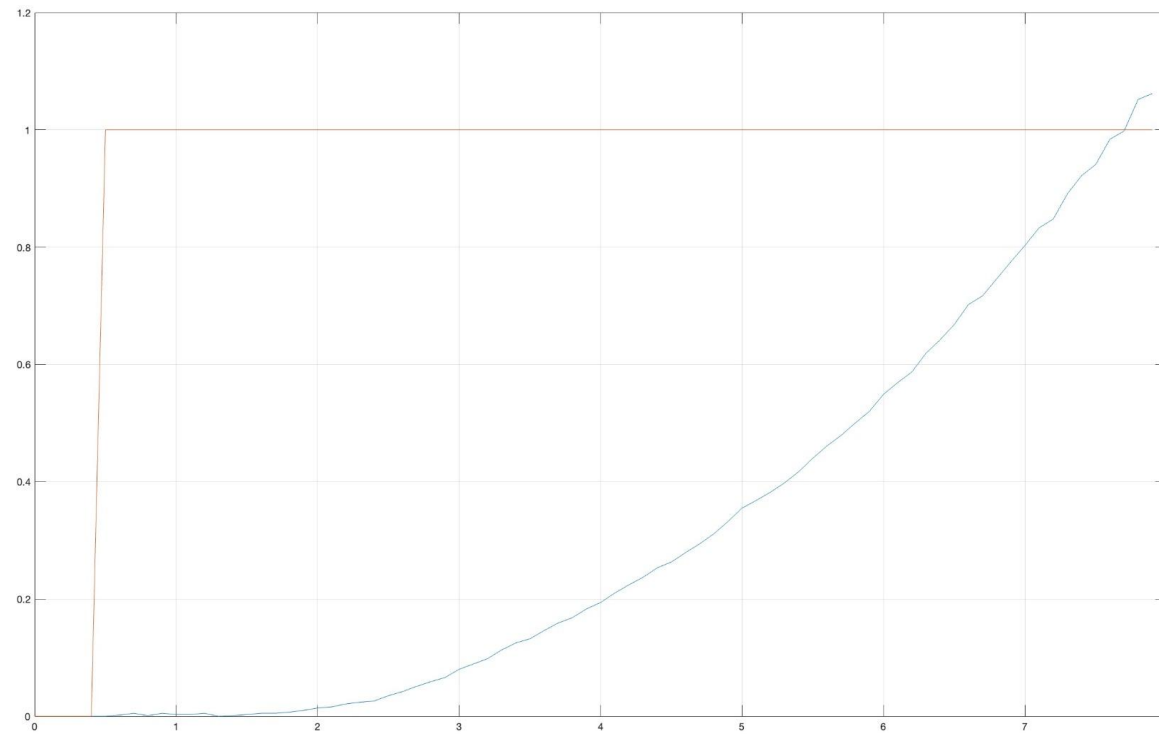
# Mise en place de la méthode d'identification

Génération d'un modèle bruité pour tester la méthode

Choix d'un algorithme de régression : Algorithme de  
Levenberg-Marquardt

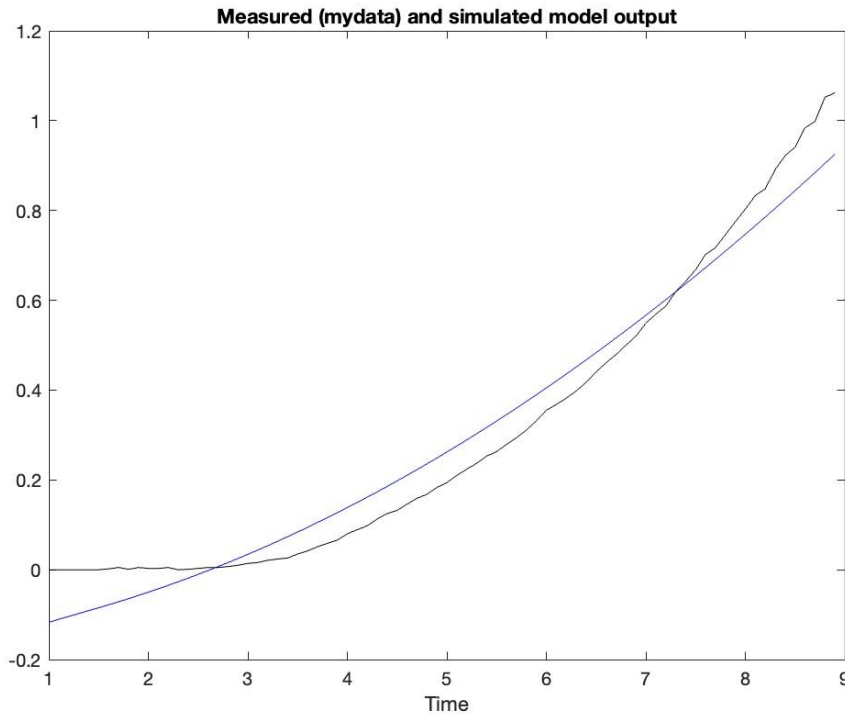
Choix des conditions initiales : calculé par l'algorithme à  
partir des données (Estimate sur Matlab)

# Résultats de l'identification



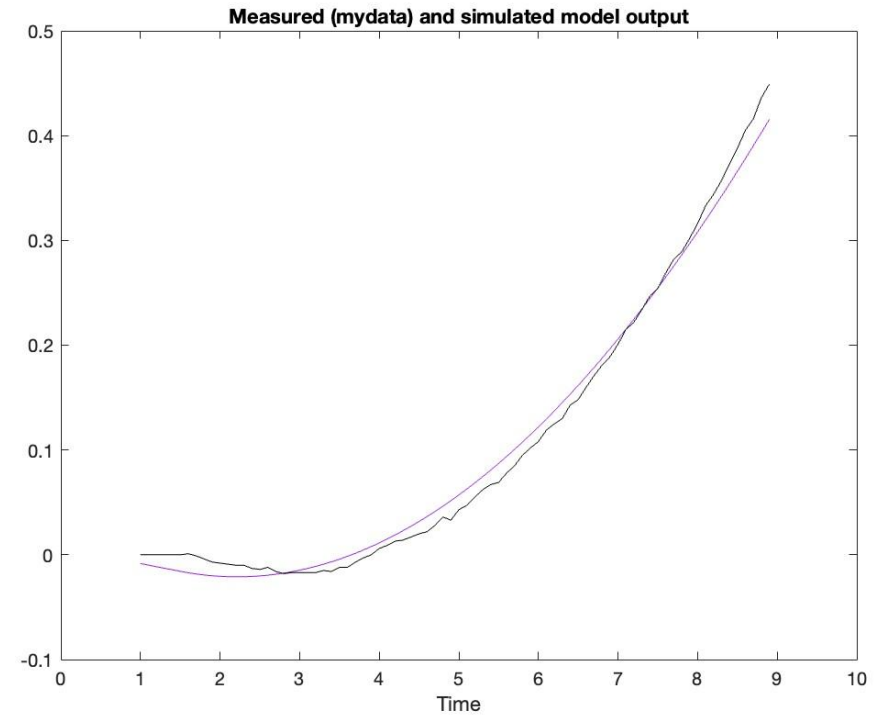
Courbe à identifier pour un essai indiciel

# Résultats de l'identification



$$a = -0,014 \text{ s}^{-1} \quad b = 0,021 \text{ m/V.s}$$

Correspondance : 80%



$$a = -0,05 \text{ s}^{-1} \quad b = 0,005 \text{ m/V.s}$$

Correspondance : 90%

# Fortes variations de paramètres sans impact

avec un même essai, obtention de jeux de paramètres assez différents mais résultats semblables

$(-0.014, 0.021)$ ,  $(-0.05, 0.005)$ ,  $(-26, 0.0027)$ ,  $(-0.0016, 1.8e4)$

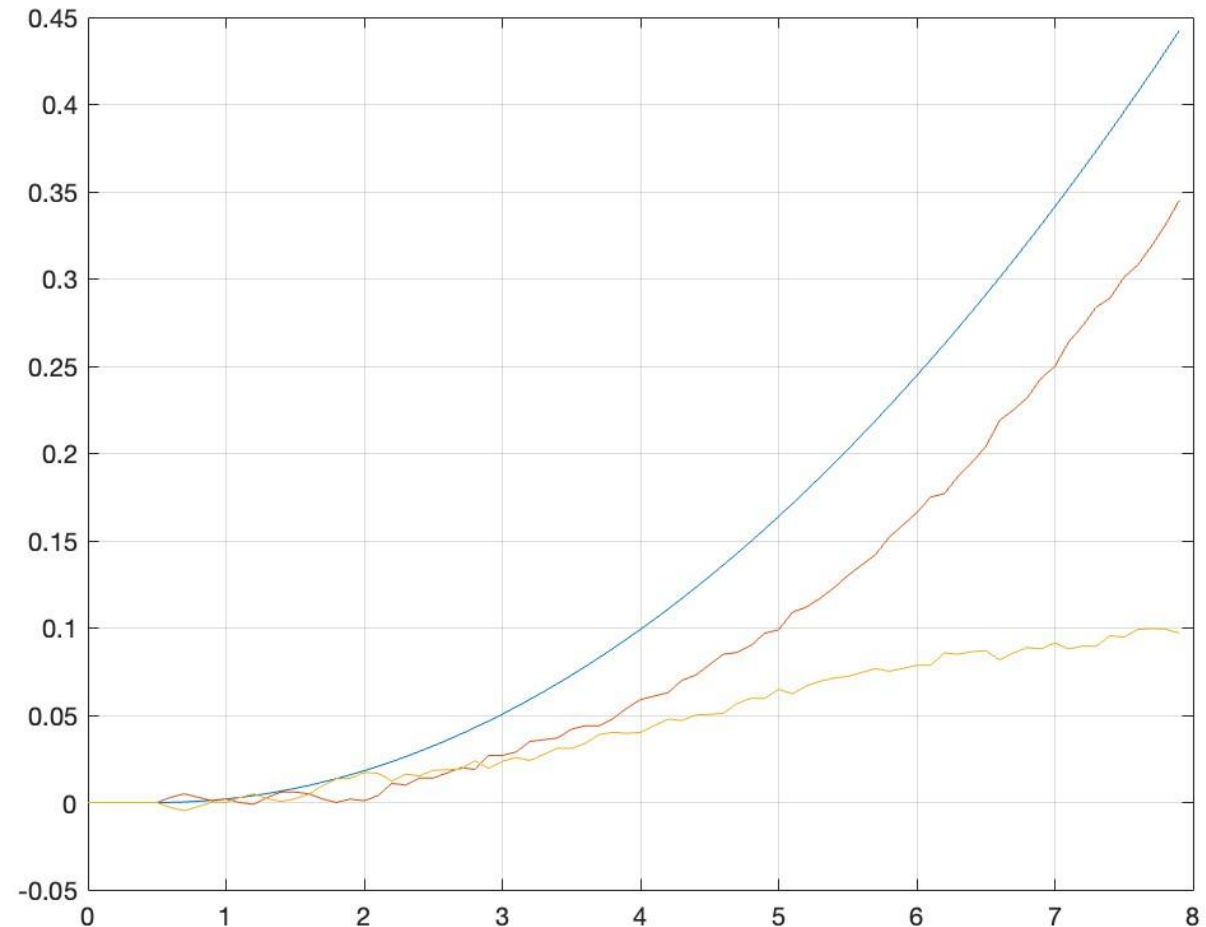
tous obtenus avec une identification assez proche

# Critique du modèle

identification pas géniale  
car résultante  
Poids+poussée d'archimède  
non nulle

Vitesse initiale non nulle  
saturations capteur

de haut en bas :  
simulation  
expérimental  
simu-exp



# Possibilités d'amélioration

- mesurer la force résiduelle et la prendre en compte pour l'identification
- réitérer le processus pour les 4 cas possibles (vitesse  $>/<0$ , volonté de monter ou descendre)

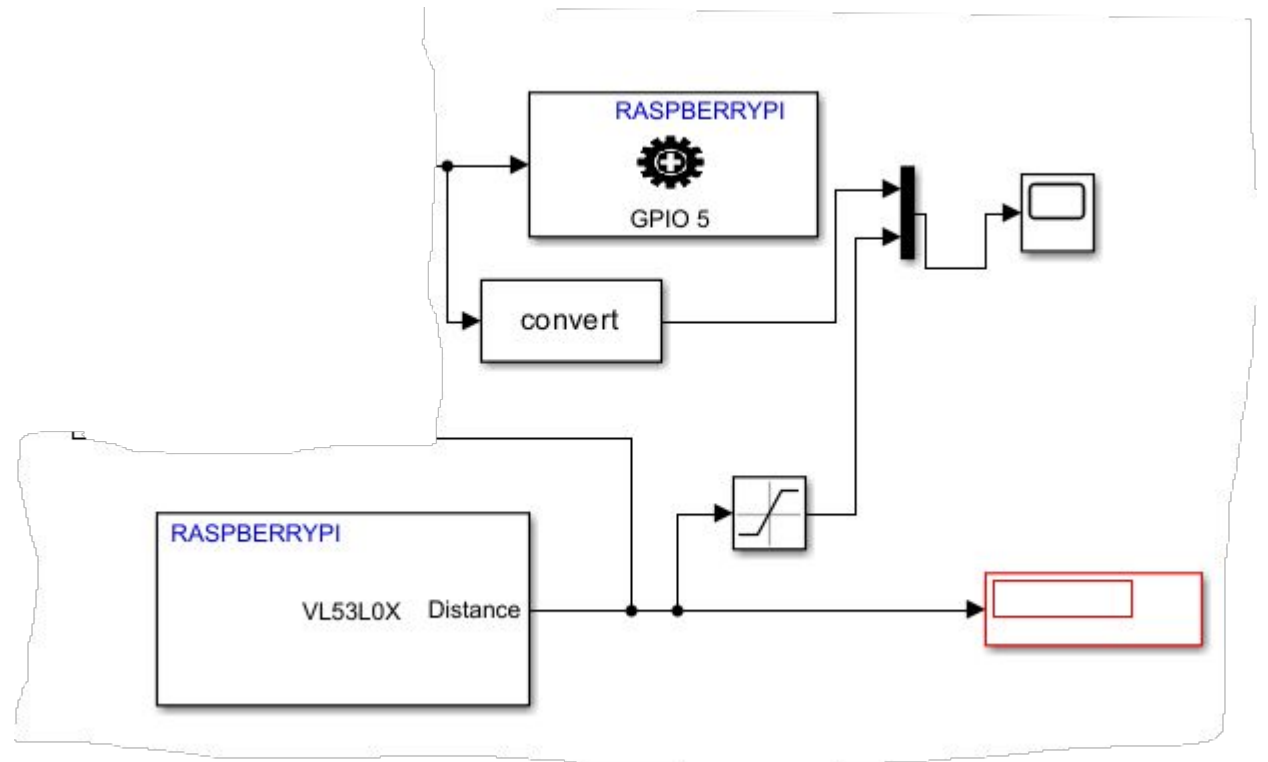
En pratique pas besoin, ça marche très bien comme ça. (cf performances )

performances stables entre utilisations

# Modélisation sur Matlab/Simulink

## Objectifs :

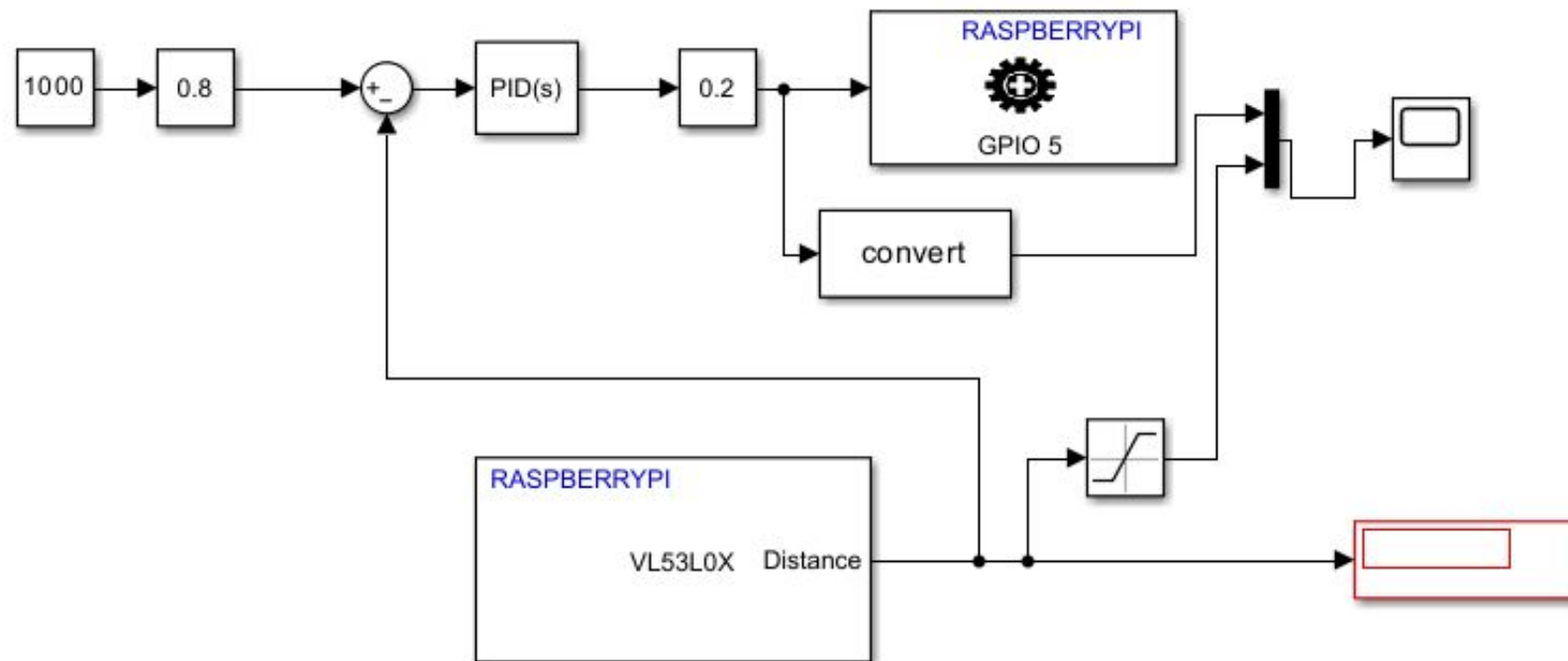
- Améliorer le modèle simulink initial pour tester notre dirigeable
- Évaluer les performances du capteur de hauteur
- Évaluer les performances de l'asservissement.
- Évaluer les performances du capteur angulaire (en cours)



Modèle simulink initial

# Modélisation sur Matlab/Simulink

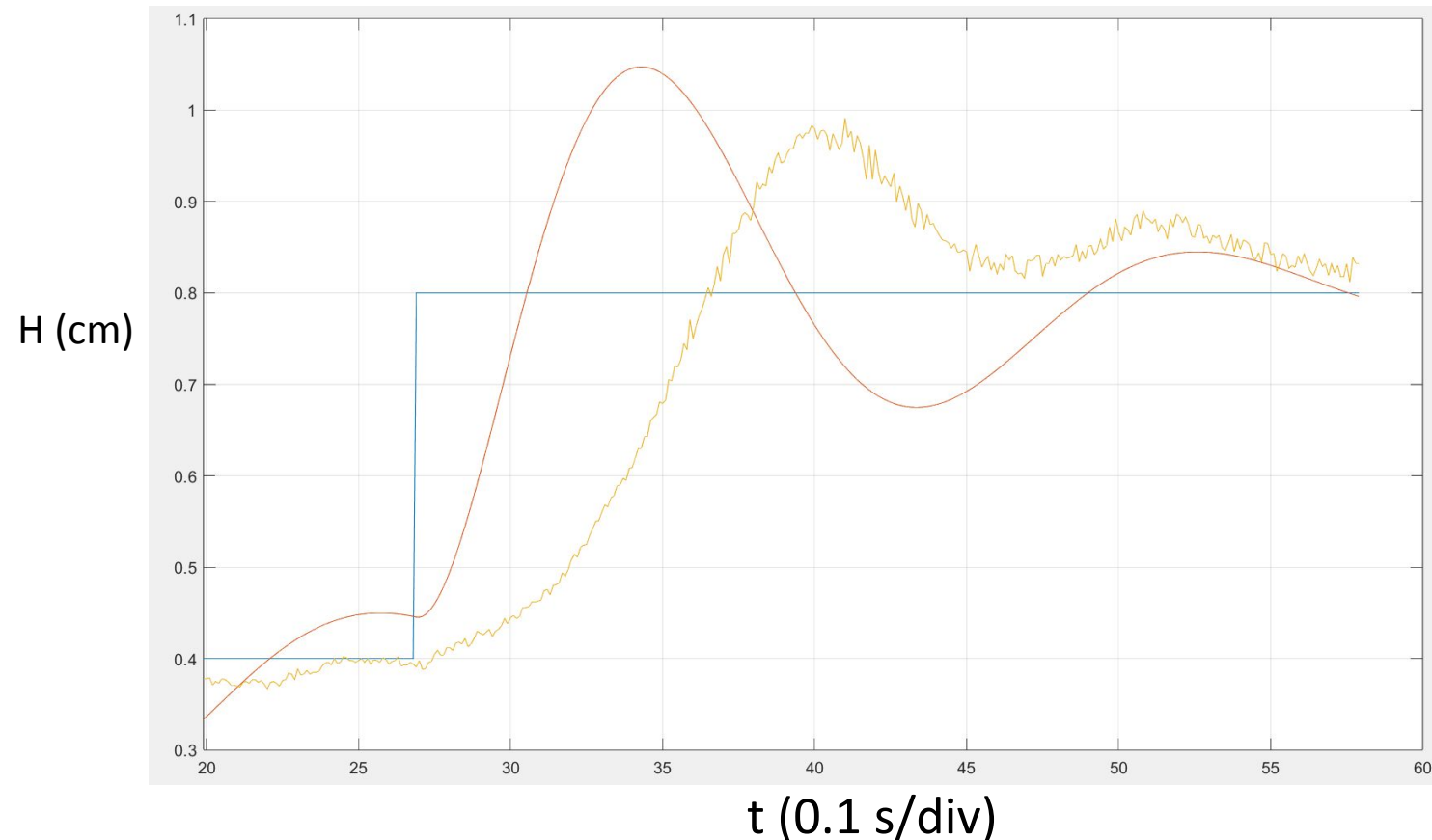
## Modélisation de l'asservissement en hauteur





# Modélisation sur Matlab/Simulink

## Performance de l'asservissement en hauteur



Pour une consigne de 80 cm

temps de montée : 1,2 s

D1%= 0.25

Erreur statique quasi nulle

# Modélisation sur Matlab/Simulink

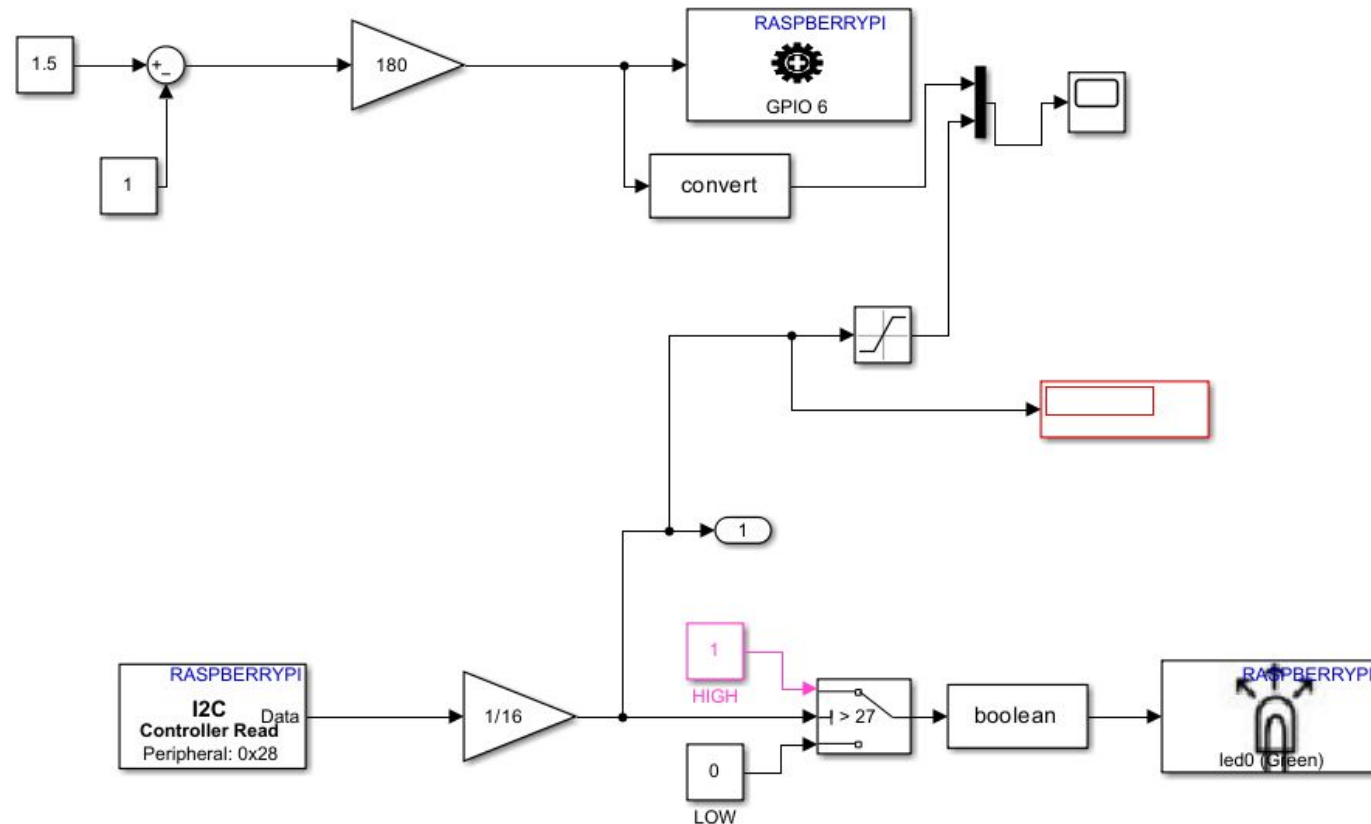
## Performance du l'asservissement hauteur

### Conclusion :

- Asservissement plutôt bon pour un “simple” correcteur PID
- Besoin des modélisateurs pour le paramétrer au mieux possible
- Capteur inutilisable de part sa faible plage de mesure

# Modélisation sur Matlab/Simulink

## Modélisation capteur angulaire



# Modélisation sur Matlab/Simulink

## Performance du capteur angulaire

### Conclusion :

- Modèle complètement fonctionnel
- Nécessaire de tester sur le dirigeable afin d'évaluer les performances.

# Conception d'une nouvelle carte

## Problématique

### Ancienne carte :

- Connecteurs inadaptés pour 2 moteurs
- Intrication des câbles

### Nouvelle carte à concevoir :

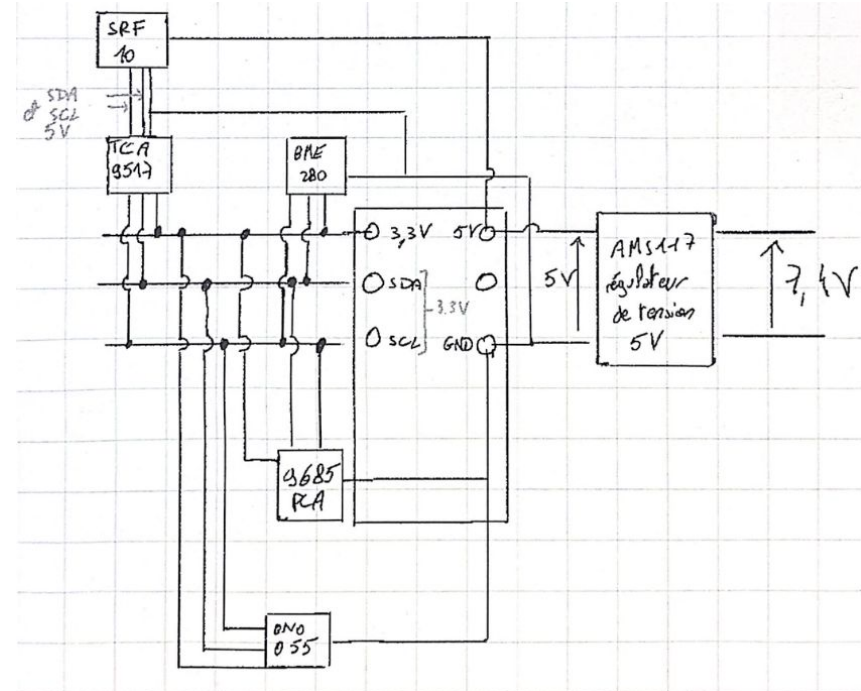
- Avoir une carte extensible
- Avoir des connecteurs bien placés

# Conception d'une nouvelle carte

## Schéma fonctionnel

### Étapes de conception :

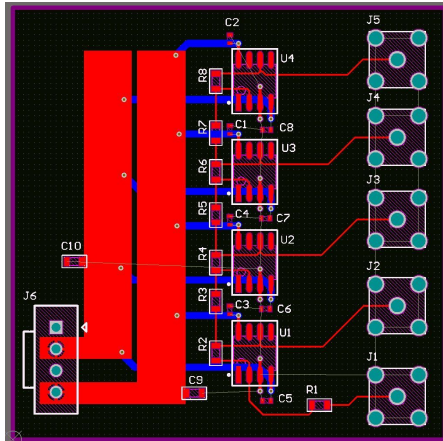
1. Composants du dirigeable
2. Relations entre les fonctions
3. Schéma électrique



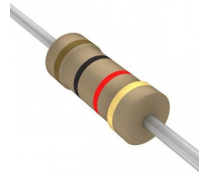
# Conception d'une nouvelle carte

## Contraintes de routage

- Tailles des pistes, des forêts



<https://electronics.stackexchange.com/questions/450585/which-is-the-preferred-approach-to-pcb-layout-for-signal-vs-power-traces-in-anal>



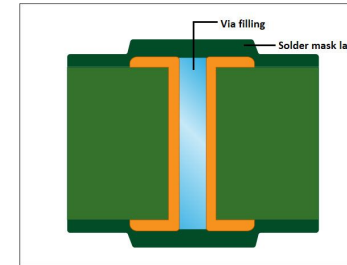
<https://x2robotics.ca/image/cache/catalog/Products/0100/0187-500x500.jpg>

- Types d'empreintes



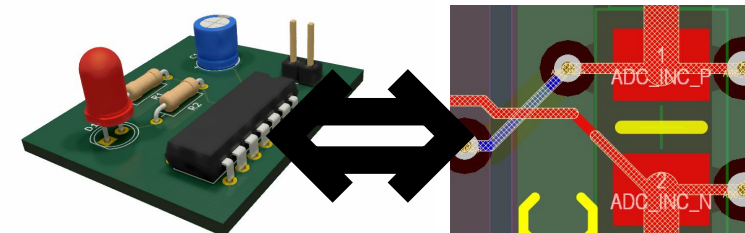
<https://www.digikey.com/en/products/detail/yageo/RC0201FR-0710KL/1948870>

- Vias difficilement métallisés



<https://www.protoexpress.com/wp-content/uploads/2022/10/filled-and-covered-vias.jpg>

- Placement des composants



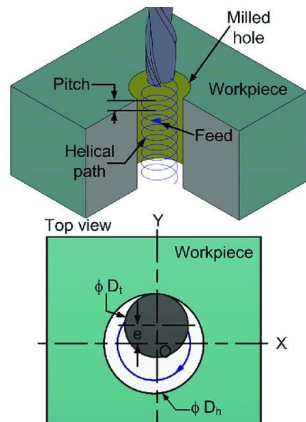
<https://www.build-electronic-circuits.com/wp-content/uploads/2019/07/BlinkLED-3Dview.png>

<https://i.stack.imgur.com/8fnAd.png>

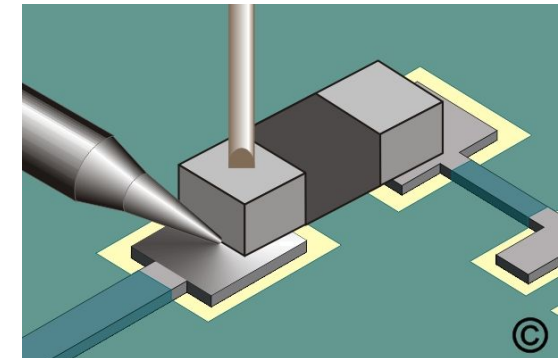
# Conception d'une carte

## Etapes de fabrication

1. Réception du circuit imprimé
2. Fraisage des trous
3. Brasage des composants



[https://www.researchgate.net/publication/346314610/figure/fig1/AS:962029070340097@1606377012793/Helical-hole-milling-process-kinematics\\_Q640.jpg](https://www.researchgate.net/publication/346314610/figure/fig1/AS:962029070340097@1606377012793/Helical-hole-milling-process-kinematics_Q640.jpg)



<http://www.circuitrework.com/images/7-3-1-2-600400.jpg>



# Perspectives pour le S2

## Problèmes

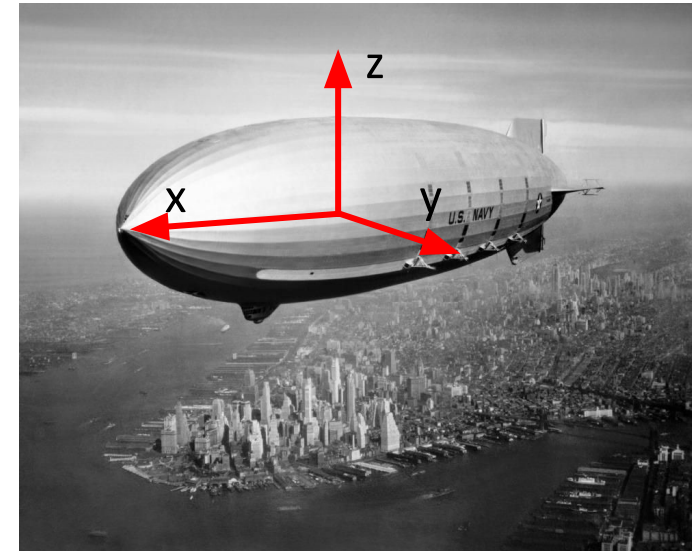
- Exécution lente sur Simulink
- Faible parallélisation du travail de groupe



MATLAB®  
& SIMULINK®

## Objectifs

- Contrôle d'un 2nd moteur
- Identifier les autres paramètres (translation selon x, selon y, rotation autour de y, de z)
- Asservissement en position et rotation (3 axes)



D'après portail-aviation.com



Fin

