Miniprojet automation - bille sur rail

ORVIK Oskar, TABAN Aleksander & JOHNSEN Brage

INSA Toulouse - DGEI - 4AE-SE

15 avril 2026

Sommaire

Introduction

Le bille sur rail est une manipulation où le but est de stabiliser une bille sur un rail. Le rail est commandé par une tension, et les données lues sont l'angle du rail et la position de la bille. La position est achevé à l'aide d'un lecture d'impedance.

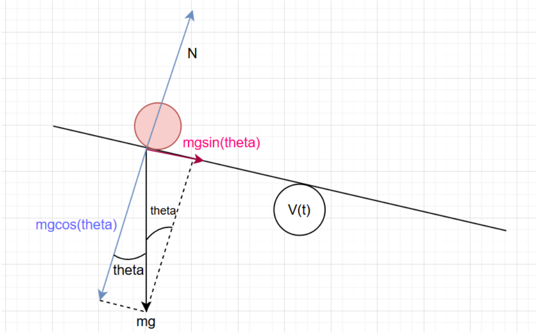


Figure 1 – Schèma de forces de la bille sur rail

Analyse du schèma bloc du système rail

L'identification du système se fait en bouclé fermé.

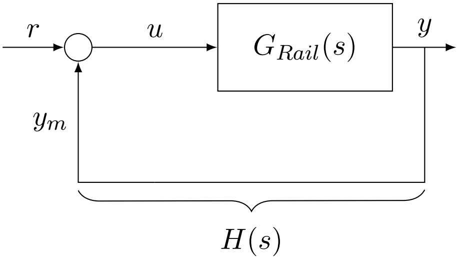


Figure 2 – Schèma bloc décrivant le système rail

Mise en œuvre de N4SID

On a utilisé la fonction MATLAB n4sid() de plusieurs manières ; en temporel, frequentiel et Loewner.

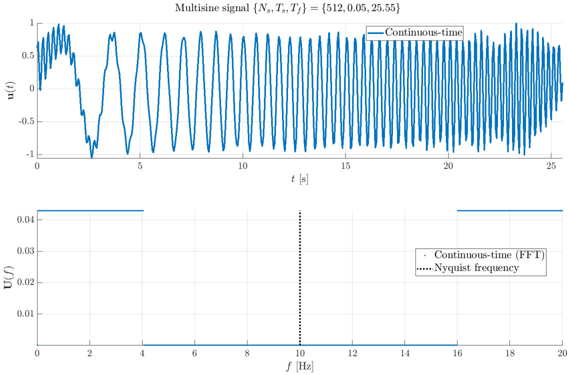


Figure 3 – Le signal d'entrée, de type "multisine" entre 0.1Hz et 4Hz

Test du modèle obtenu avec N4SID

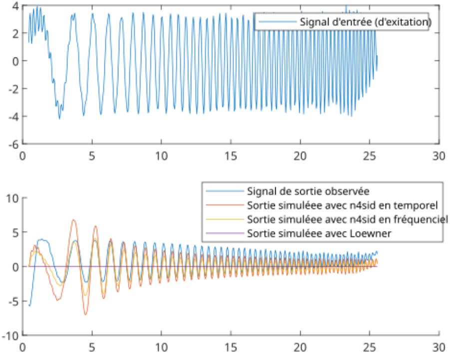


Figure 4 – Comportement des differents modèles obtenus

Après avoir comparé les modèles avec le vrai système, nous avons choisi le modèle n4sid() temporel d'ordre 2.

Fonction transfert du système : Rail

Cela nous avait mené à résumer le systeme du rail à la fonction de transfert suivante :

$$G(s) = \frac{NUM}{DEN}$$

Après avoir trouvé le modèle souhaité, nous avons ensuite retrouvé la vraie fonction transferte du rail :

$$H(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)} \Rightarrow G(s) = \frac{H(s)}{1 + H(s)}$$

Calcul du correcteur du système : P

Nous avons conçu un retour PID pour le système du rail. Après avoir parlé avec le professeur, il nous a dit que le système est déjà equipé avec un integrateur. Donc nous avons choisi un système bouclé avec un simple correcteur P. Comme nous pouvons voir ci-dessous :

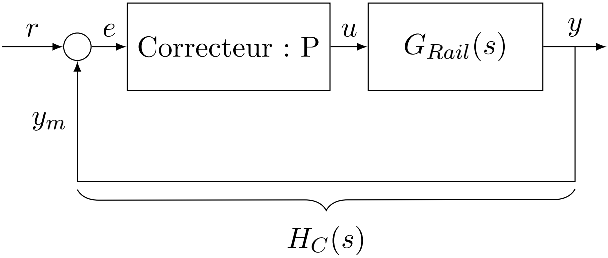


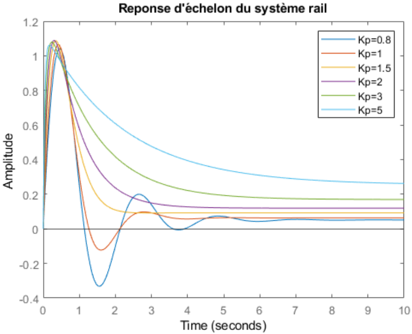
Figure 5 – Schèma bloc décrivant le système rail avec correcteur

Après avoir conçu le système avec n4sid(), nous avons retrouvé la fonction de transfert :
À l'aide de la fonction transferte du système rail, nous avons recalculé la nouvelle fonction transferte avec le gain proportionnel en boucle fermé :

$$G(s) = \frac{H(s)}{1 + H(s)} \tag{1}$$

$$G_{BF}(s) = \frac{PG(s)}{1 + PG(s} \tag{2}$$

Finalement, on essaie des différents valeurs de P pour observer le temps de réponse dans la boucle fermée. Nous tracons les différents valeurs dans un seul schèma pour voir l'impact d'un échelon sur le système.



Le choix de P restait sur plusieurs tests du système bouclé avec un P de differentes valeurs. Voici les differents reponses du système d'un simple step. Nous avons choisi :

$$P = 1 \tag{3}$$

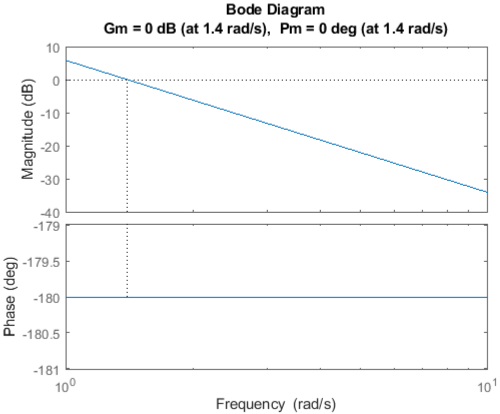
Cela nous a donné un temps de reponse respectif aux attentes que nous avions.

Système bouclé avec la bille

Ajouter un gros système bouclé. Il faut savoir où mettre le correcteur avance de phase.

Analyse des frequences importantes au système

Pour cette deuxième boucle du système, on commence avec la boucle déjà existante. On trace le diagramme de Bode pour cet système pour mieux ananlyser les besoin du système. Cet diagramme est comme suit :



Nous verrons que le point critique où il faut ajouter de la phase est à 1,4 rad/s. Donc on concoit le correcteur pour cela. Pour qu'on puisse augmenter les marges de phase, on utilise un correcteur d'avance de phase. Le correcteur d'avance de phase a une fonction de transfert sur la forme canonique [1] :

$$G(p) = K_p \frac{1 + \alpha T p}{1 + T p}, avec\ \alpha\ >\ 1$$

1. https ://homepages.laas.fr/fgouaisb/donnees/M1ICM/slidesM1ICMp8.pdf

$$a = \frac{1 + \sin(\Phi)}{1 - \sin(\phi)} = \frac{1 + \sin(55)}{1 - \sin(55)} \approx 10$$

$$\omega_m = \frac{1}{T * \sqrt{a}} = \frac{1}{1.4 * \sqrt{10}} \approx 0,22$$

Vérfication expérimentale

** Démonstration **

Vérfication de la marge de phase

En utilisant la fonction de allmargin nous trouvons le marge de phase pour le système entier en boucle fermé. Traçons le diagramme de Bode du système pour analyser le systeme même sans négliger la fonction de transfert du moteur :

Conclusion

La boucle est bouclée et la balle est en equilibre.