

## MINI-PROJET AUTOMATIQUE

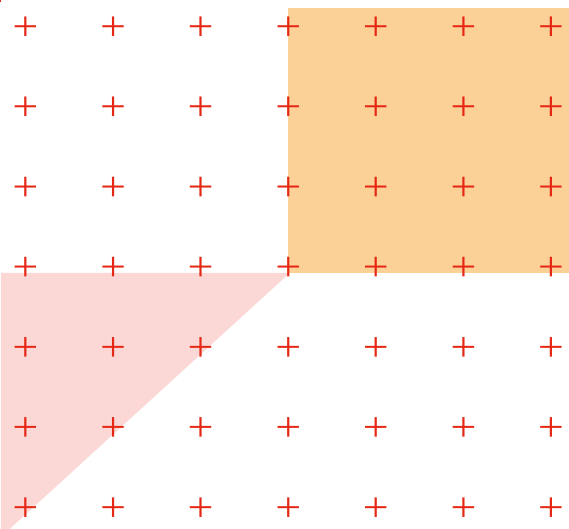
**Oskar ORVIK**  
**Aleksander TABAN**  
**Brage JOHNSEN**  
Elève Ingénieurs  
de l'INSA Toulouse  
Département GEI  
Spécialité AE-SE  
Promotion 60  
2022-2027

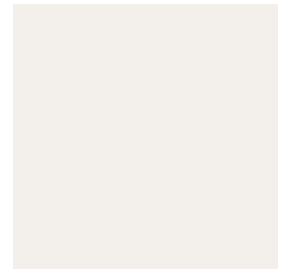
**Stabilisation d'une bille sur rail**

**Mini-Projet Automatique en trinôme**

**Tuteur du Projet**  
Cristophe POUSSOT

**Projet soutenu le 16/04/2026**





# MINI-PROJET AUTOMATIQUE

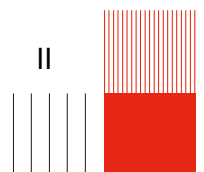
**Oskar ORVIK**  
**Aleksander TABAN**  
**Brage JOHNSEN**  
Elève Ingénieurs  
de l'INSA Toulouse  
Département GEI  
Spécialité AE-SE  
Promotion 60  
2022-2027

**Stabilisation d'une bille sur rail**

**Mini-Projet Automatique en trinôme**

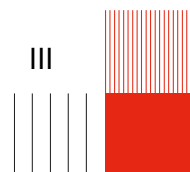
**Tuteur du Projet**  
Cristophe POUSSOT

**Projet soutenu le 16/04/2026**



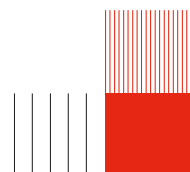
# ABSTRACT

Pour cet projet d'automatique nous avons identifié le système et nous l'avons stabilisé.



# SOMMAIRE

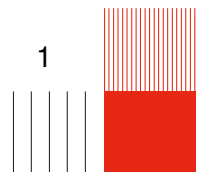
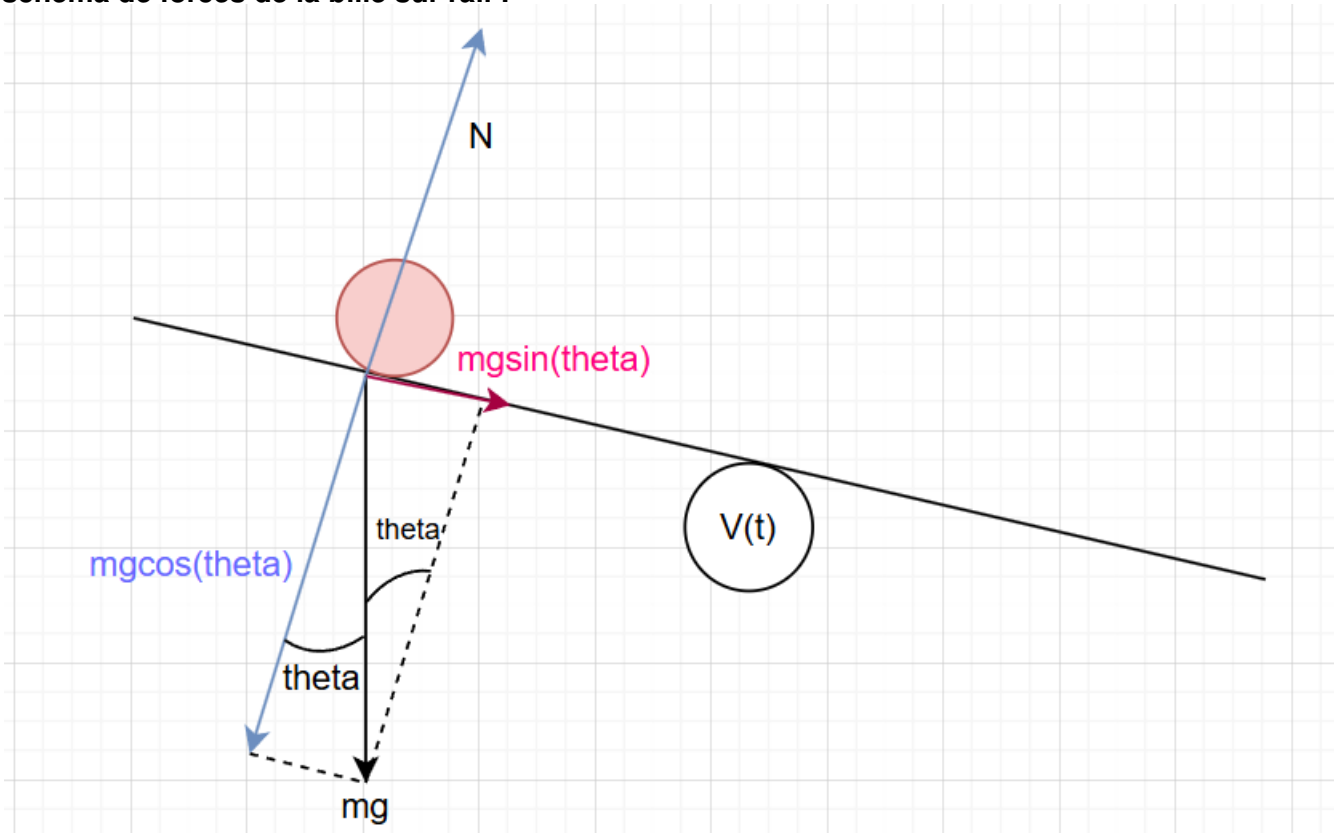
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Identification du système : Rail</b>	<b>2</b>
1.1 Analyse du schéma bloc et setup . . . . .	2
1.2 Mise en oeuvre de N4SID . . . . .	2
1.3 Fonction transfert du système : Rail . . . . .	3
1.4 Calcul du correcteur du système : P . . . . .	4
<b>2 Loi de commande du bille sur rail</b>	<b>5</b>
<b>3 Vérification</b>	<b>7</b>
3.1 Expérimental . . . . .	7
3.2 MATLAB - marge de phase . . . . .	7
<b>Conclusion</b>	<b>8</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>9</b>



# 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 achevée à l'aide d'un lecture d'impédance.

**Le schéma de forces de la bille sur rail :**



# 1 IDENTIFICATION DU SYSTÈME : RAIL

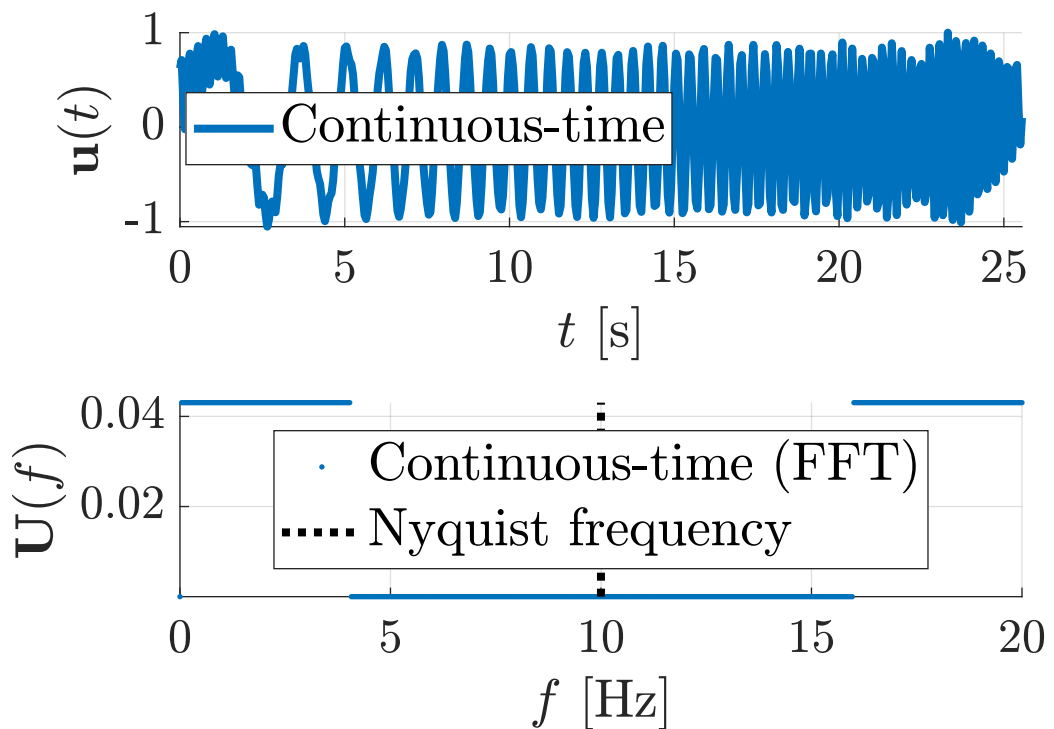
## 1.1 Analyse du schéma bloc et setup

Nous avons remarqué que l'identification du système se fait en bouclé fermé. Voici le schéma bloc désignant le système que nous pouvons manipuler : {Sett inn bilde av schéma bloc, système rail}

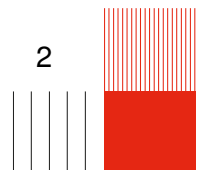
## 1.2 Mise en oeuvre de N4SID

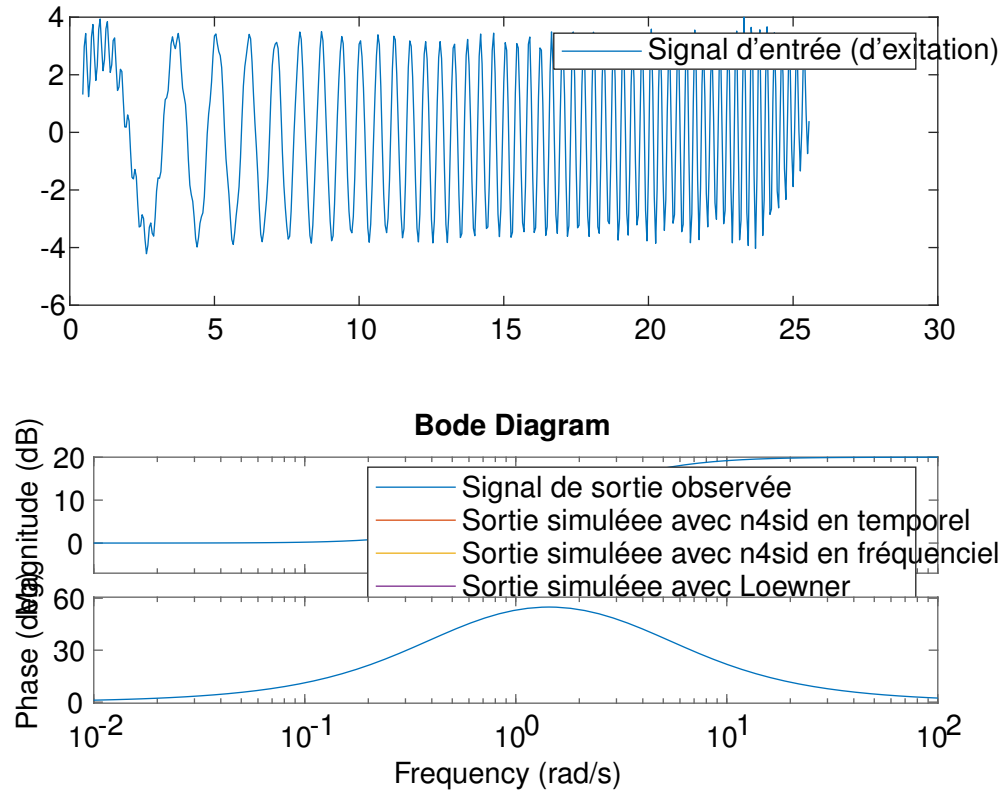
On a utilisé la fonction `n4sid()` que pouvons retrouver sur matlab. Nous avons fait une expérience temporel, fréquentiel et avec Loewner. Voici le comportement des différents mo-

Multisine signal  $\{N_s, T_s, T_f\} = \{512, 0.05, 25.55\}$



dèles obtenu :



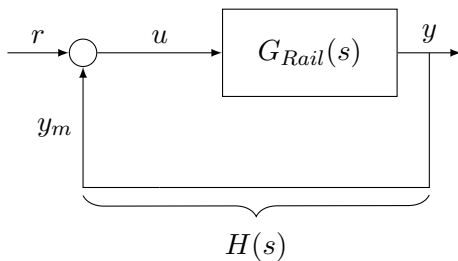


Après avoir comparé les différents modèles avec le vrai système, Cela nous avait mené à résumer le système du rail à la fonction de transfert suivante :

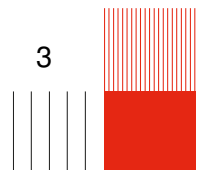
$$G(p) = \frac{NUM}{DEN}$$

### 1.3 Fonction transfert du système : Rail

Après avoir trouvé un modèle qui nous va, nous avons ensuite retrouvé la vraie fonction de transfert du rail. Avec la relation qui suit :

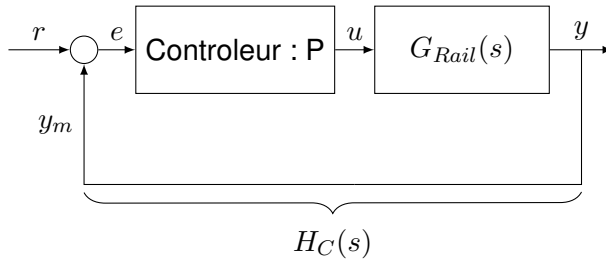


$$H(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)} \Rightarrow G(s) = \frac{H(s)}{1 + H(s)} \quad (1)$$



## 1.4 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 équipé avec un integrateur. Donc nous avons choisi un système bouclé avec un simple correcteur P. Comme nous pouvons voir ci-dessous :

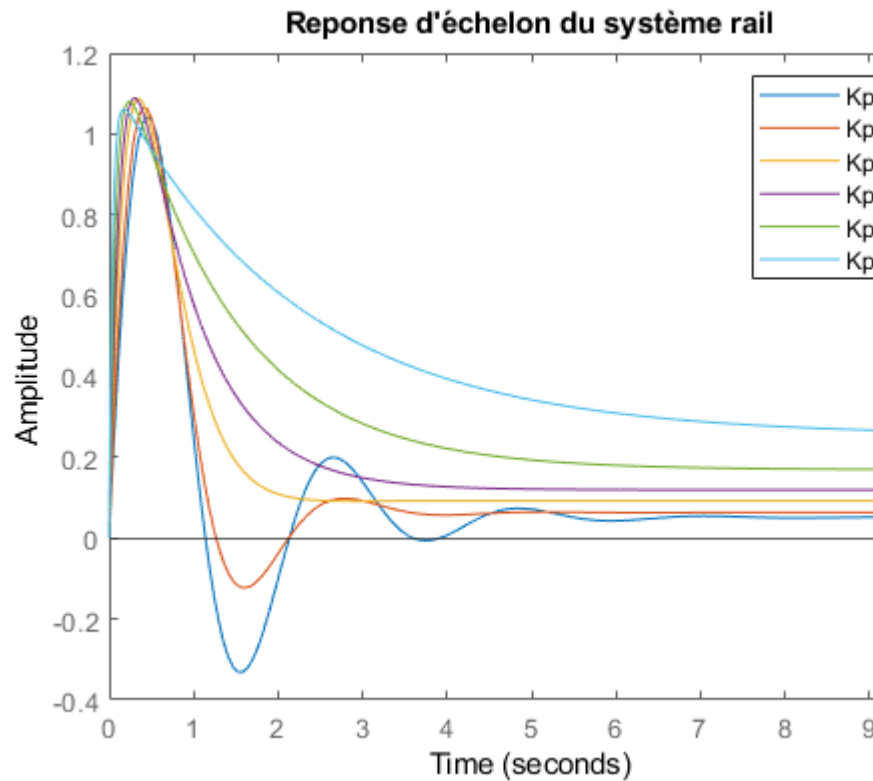


Après avoir conçu le système avec n4sid(), nous avons retrouvé la fonction de transfert :

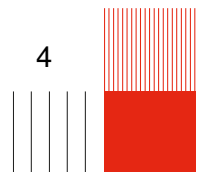
$$G(s) = \frac{H(s)}{1 + H(s)} \quad (2)$$

$$G_{BF}(s) = \frac{P * G(s)}{1 + P * G(s)} \quad (3)$$

Finalement, on essaie des différentes valeurs de P pour observer le temps de réponse dans la boucle fermée. Nous traçons les différentes valeurs dans un seul schéma pour voir



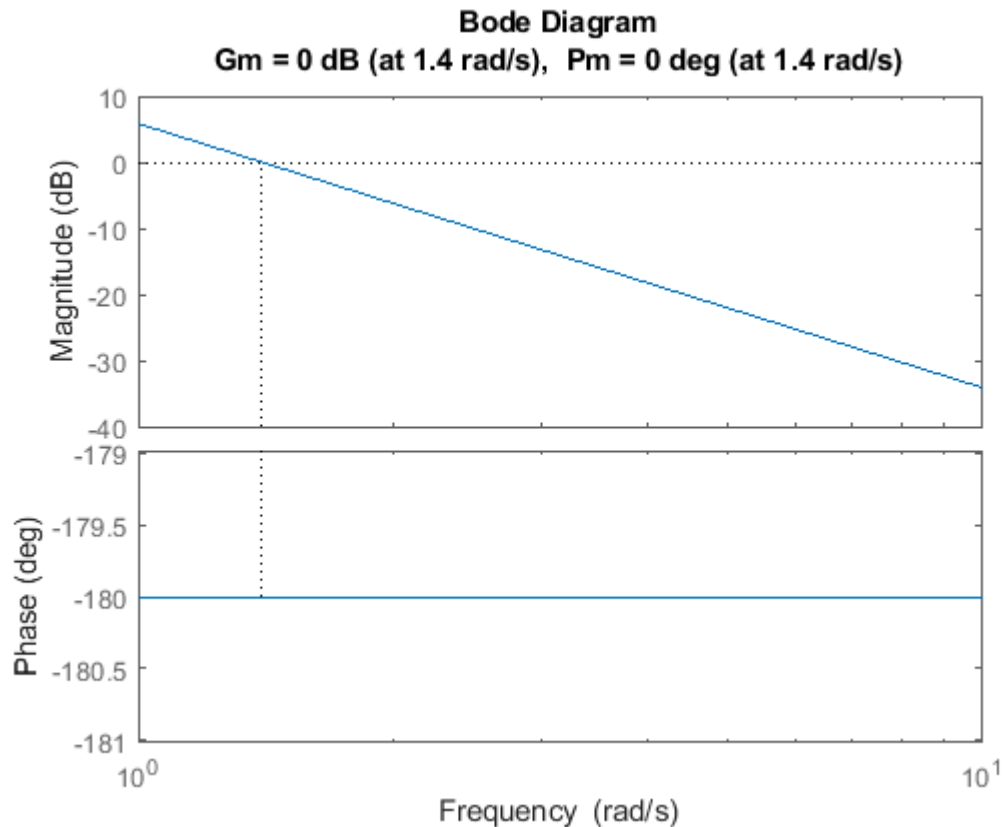
l'impact d'un échelon sur le système.





## 2 LOI DE COMMANDE DU BILLE SUR RAIL

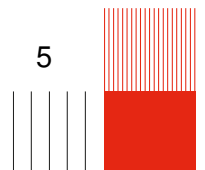
Pour cette deuxième boucle du système, on commence avec la boucle déjà existante. On trace le diagramme de Bode pour cet système pour mieux analyser les besoins du système. Cet diagramme est comme suit :

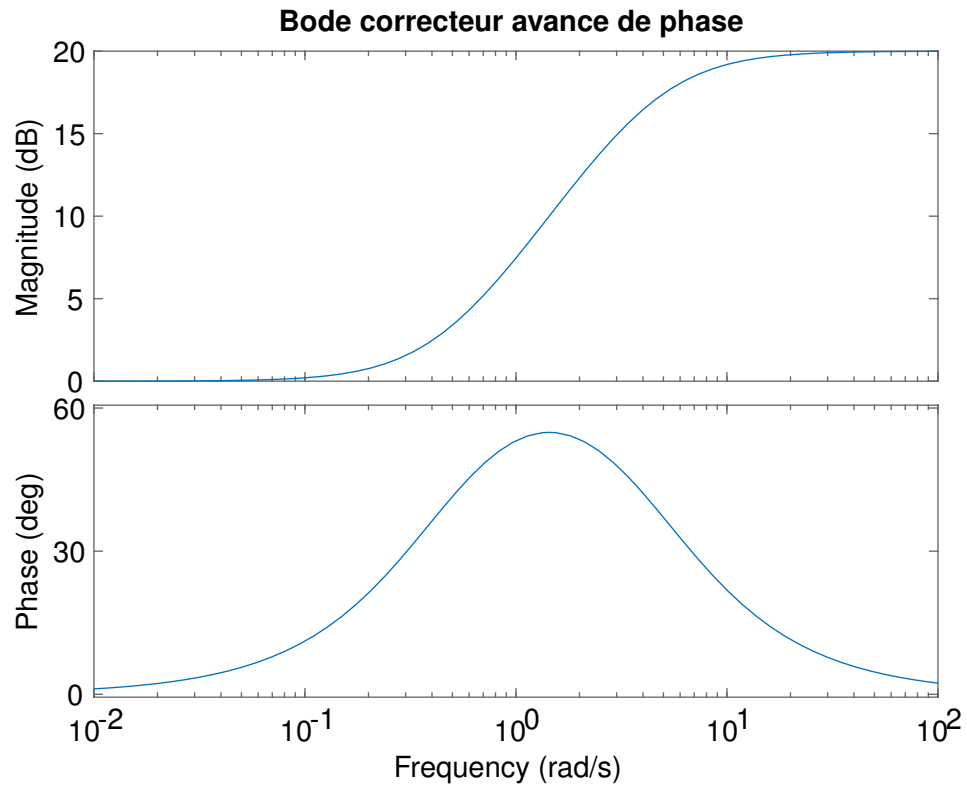


Nous verrons que le point critique où il faut ajouter de la phase est à 1,4 rad/s. Donc on conçoit le correcteur pour cela. Pour qu'on puisse augmenter les marges de phase, on utilise un correcteur d'avance de phase. Le correcteur d'avance de phase a une fonction de transfert sur la forme canonique<sup>1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

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

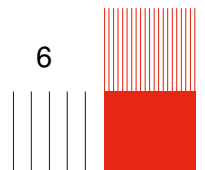
1. <https://homepages.laas.fr/fgouaisb/donnees/M1ICM/slidesM1ICMp8.pdf>





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

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



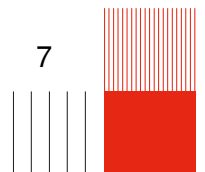
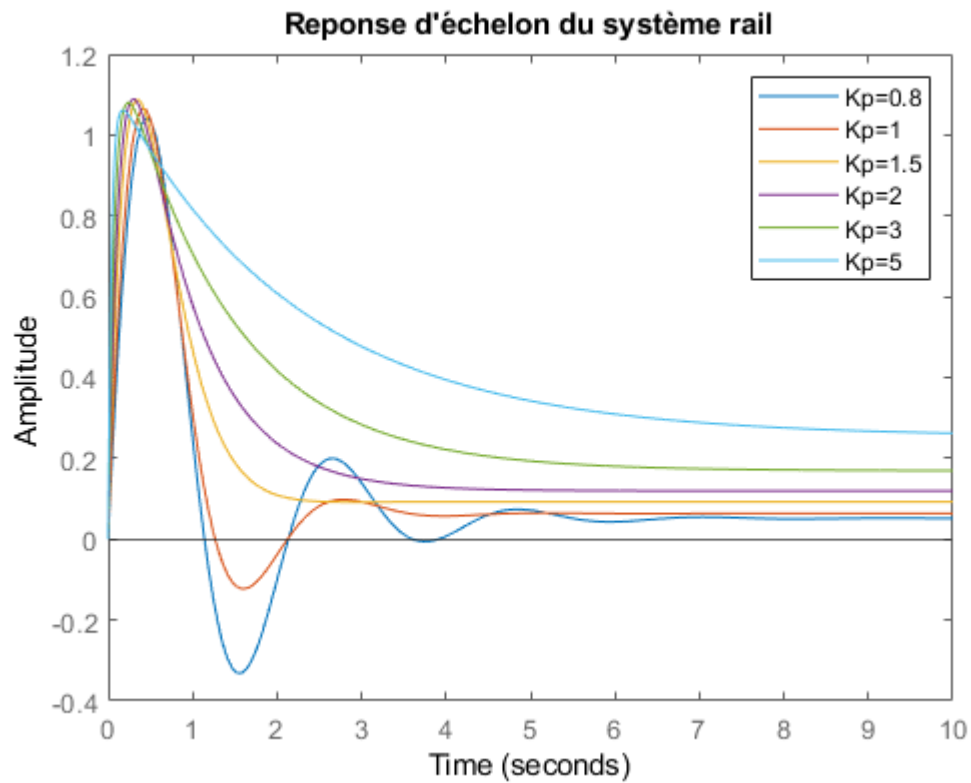
## 3 VÉRIFICATION

### 3.1 Expérimental

**\*\* Démonstration \*\***

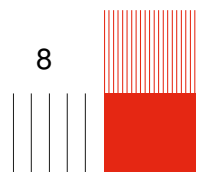
### 3.2 MATLAB - marge de phase

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 système même sans négliger la fonction de transfert du moteur :

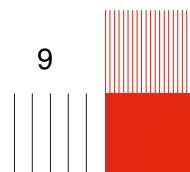


# CONCLUSION

La boucle est bouclée et la balle est en equilibre.



# BIBLIOGRAPHIE





## **INSA TOULOUSE**

135 avenue de Rangueil  
31400 Toulouse

Tel : +33 (0)5 61 55 95 13

**[www.insa-toulouse.fr](http://www.insa-toulouse.fr)**

