

Miniprojet automation - bille sur rail

ORVIK Oskar, TABAN Aleksander & JOHNSEN Brage

INSA Toulouse - DGEI - 4AE-SE

15 avril 2026

Outline

- 1 Introduction
- 2 Identification du système rail
 - Analyse du schéma bloc du système rail
 - Mise en œuvre de N4SID
 - Fonction transfert du système : Rail
 - Calcul du correcteur du système : P
- 3 Loi de commande du bille sur rail
 - Système bouclé avec la bille
 - Analyse des frequences importantes au système
- 4 Vérification
 - Expérimental
 - MATLAB - marge de phase
- 5 Conclusion
- 6 images
- 7 Introduction
 - The chemistry packages
- 8 Using chemistry packages with L^AT_EX

Introduction

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.

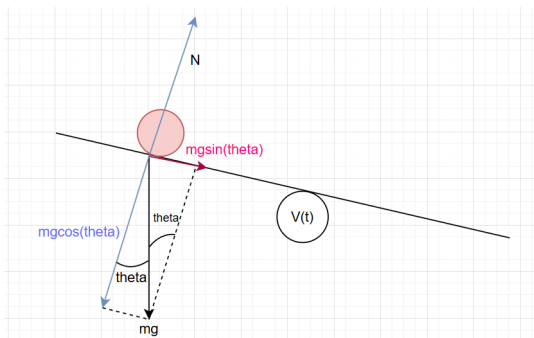


Figure 1 – Schéma de forces de la bille sur rail

Identification du système rail

Analyse du schéma bloc du système rail

L'identification du système se fait en bouclé fermé.

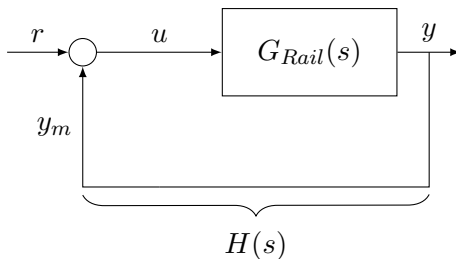


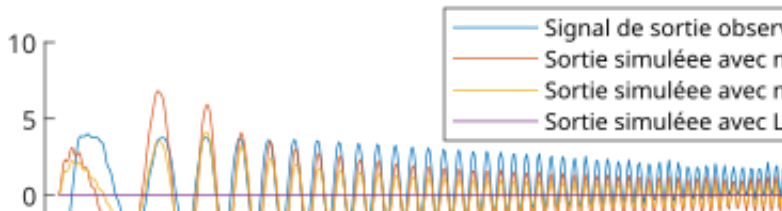
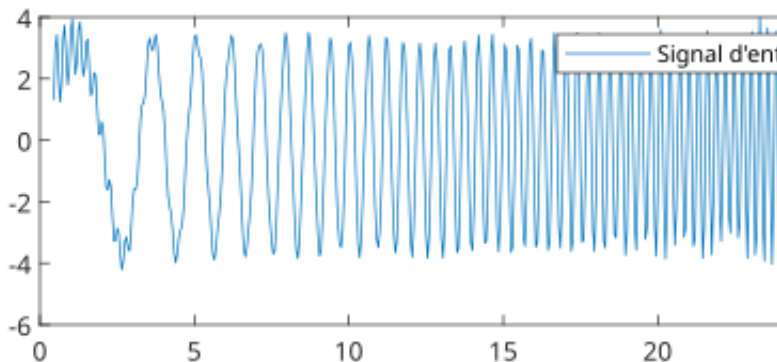
Figure 2 – Schéma bloc décrivant le système rail

Mise en œuvre de N4SID

On a utilisé la fonction MATLAB `n4sid()` de plusieurs manières. Nous avons fait une expérience temporelle, fréquentielle et avec Loewner, pour voir la différence.

Un signal multisine a été utilisé pour ballader sur les différents fréquences du système, et retrouver les fréquences resonantes du système. Nous l'avons mis entre 0.1Hz à 4Hz.

Voici le comportement des différents modèles obtenu :



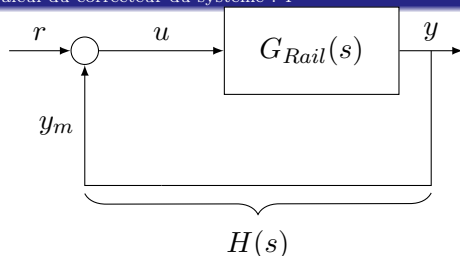
Après avoir comparé les différents modèles avec le vrai système, Cela nous avait mené à résumer le système du rail à la fonction de transfert suivante :

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

Nous avons choisi le modèle obtenu à l'aide du `n4sid()` temporel, ordre 2.

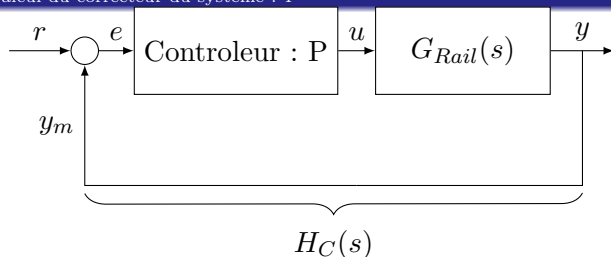
Après avoir trouvé un modèle qui nous va, nous avons ensuite retrouvé la vraie fonction de transfert du rail. Avec la relation qui suit :

Après avoir trouvé le modèle souhaité, nous avons ensuite retrouvé la vraie fonction transferte du rail. Avec la relation qui suit :



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

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 :

À l'aide de la fonction transferte du système rail, nous avons recalculé la nouvelle fonction transferte avec le gain proportionnel en boucle fermé :

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

$$G_{BF}(s) = \frac{PG(s)}{1 + PG(s)} \quad (3)$$

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 schéma 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 différentes valeurs. Voici les différentes réponses du système d'un simple step. Nous avons choisi :

$$P = 1 \tag{4}$$

Cela nous a donné un temps de réponse respectif aux attentes

que nous avons.

Loi de commande du bille sur rail

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

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 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 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 canonique¹ :

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

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

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

Vérification

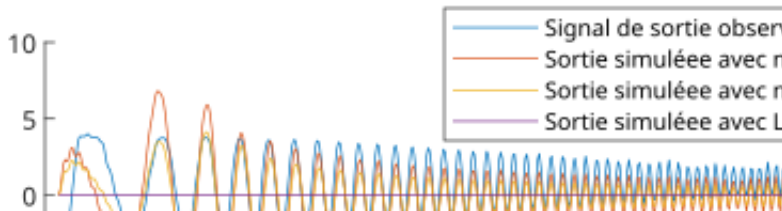
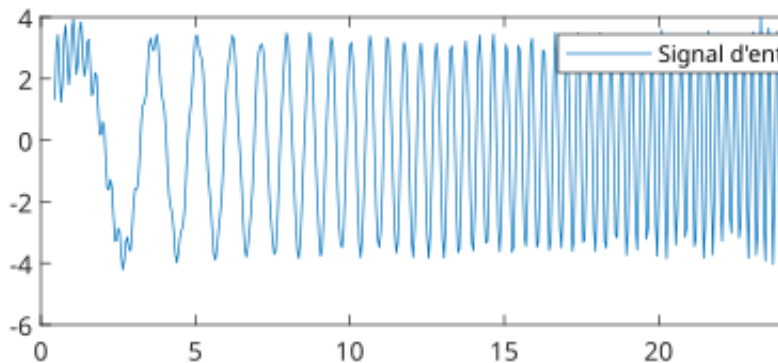
** Démonstration **

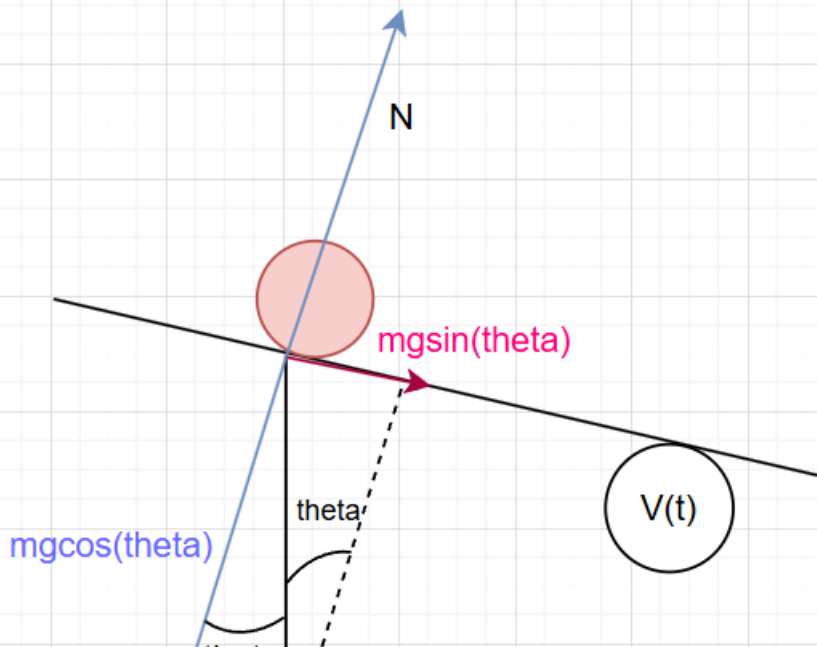
En utilisant la fonction de `allmargin` nous trouvons le marge de phase pour le système entier en boucle fermé. Traçons le diagramme de Bode du système pour analyser le système même sans négliger la fonction de transfert du moteur :

Conclusion

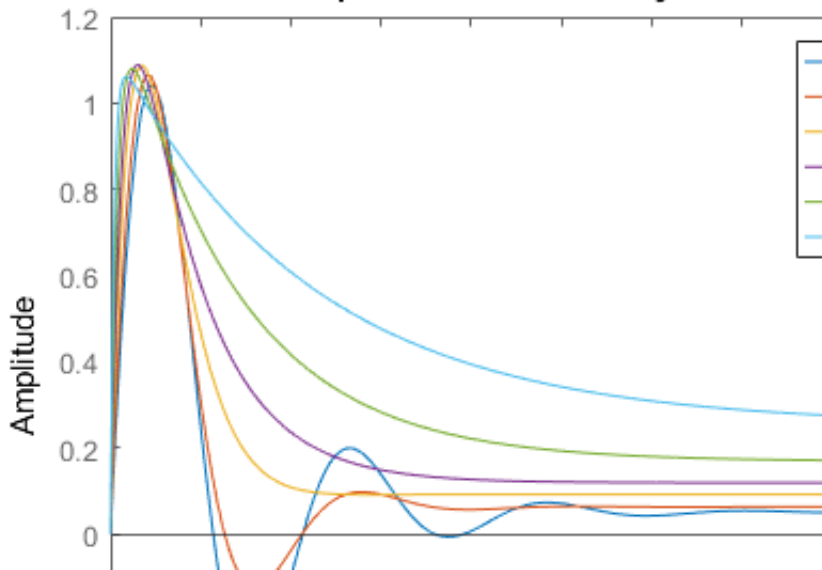
La boucle est bouclée et la balle est en equilibre.

images





Reponse d'échelon du système rail



Introduction

Introduction

- But : Balancer une bille sur un rail.
- Identification du système
- Loi de commande

The chemistry packages

We focus on two L^AT_EX chemistry packages :

The chemfig package

This package provides the command which draws molecules. Created by Christian Tellechea, a detailed user guide can be found here :

<https://mirror.ox.ac.uk/sites/ctan.org/macros/generic/chemfig/chemfig-en.pdf>

The mhchem package

The mhchem package provides simple commands for typesetting chemical molecular formulae and equations. Created by Martin Hensel, a detailed user guide can be found here :

<https://anorien.csc.warwick.ac.uk/mirrors/CTAN/macros/latex/contrib/mhchem/mhchem.pdf>

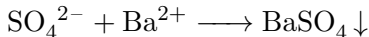
Using chemistry packages with L^AT_EX

Chemical equations with mhchem

- The `mhchem` package lets you write chemical equations in L^AT_EX with the minimum of effort.
- The example below shows how the standard representation of a reaction (on the left) is created from the simple code on the right :

$\text{CO}_2 + \text{C} \longrightarrow 2 \text{CO}$ is created with `\ce{CO2 + C -> 2CO}`

- More complicated reactions are still easy to write :

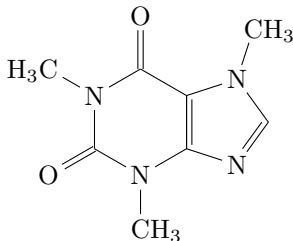


is created with

`\ce{S04^2- + Ba^2+ -> BaS04 v}`

Getting started with some chemfig coffee

It's easy to use the `chemfig` package for drawing complex molecules :



This is the caffeine molecule, represented clearly and neatly, and built from a single line of text :

```
\chemfig{*6((=O)-N(-CH_3)-*5(-N=-N(-CH_3)-=)--(=O)-N(-H_3C)-)}
```

If that looks quite daunting, we can learn from simpler molecules...how about a single water molecule?

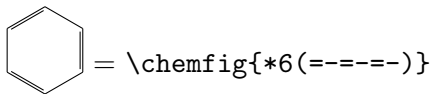
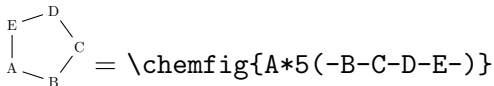
Experiments with water and rings

To see how the `chemfig` package creates the drawings from your code, let us look at the simple water molecule :

H₂O is created with `\chemfig{H_2O}`

The simple L^AT_EX code on the right is automatically converted into the molecular formula for water on the left.

Rings are similarly easy to code - consider the examples below :



Where to go next...

Where to go next...

- This short example was designed to introduce you to using Overleaf for scientific presentations.
- This is made possible by the many great packages that have been developed for L^AT_EX, including the two we focused on here (plus the Beamer package used for the overall presentation style).
- For more help on using L^AT_EX, see the links on the Overleaf help page : www.overleaf.com/help or check out our free introductory webinars :
www.overleaf.com/events/webinars.

Follow @overleaf on Twitter for all the latest news and updates.

Happy L^AT_EXing!