
Robotique: modélisation et commande

GMC714 - DEVOIR NO5 MÉTHODES DE COMMANDE NON-LINÉAIRE

Préparé par
Pr. Alexandre GIRARD



Université de Sherbrooke

INSTRUCTIONS:

Vous pouvez faire les calculs à la main ou avec un script Matlab ou Python.
Vous pouvez consulter vos collègues pour vous entraider, mais chacun doit individuellement effectuer une résolution et produire un devoir.

La remise doit être un seul *pdf* qui contient tous vos résultats et calculs.

ÉVALUATION SELON UNE ÉCHELLE DESCRIPTIVE GLOBALE:

- A** : L'étudiant arrive à toute les solutions, avec seulement des erreurs mineures, et démontre qu'il maîtrise les notions abordées dans le devoir.
- B** : L'étudiant n'arrive pas à obtenir toutes les solutions, mais démontre qu'il a en bonne partie assimilé les notions abordées dans le devoir du à un effort soutenu de résoudre chacun des numéros.
- C** : L'étudiant n'arrive pas à obtenir la majorité des solutions, ne démontre pas qu'il a assimilé les notions abordées dans le devoir et travaillé sérieusement sur chacun des numéros.
- E** : L'étudiant ne présente aucune démarche sérieuse.

Tutoriels recommandés

1) Introduction à Pyro

On va utiliser une librairie Python à plusieurs reprise dans le cours (<https://github.com/SherbyRobotics/pyro>), je vous recommande de suivre les tutoriels suivants pour avoir une vision globale de son fonctionnement: <https://github.com/SherbyRobotics/pyro#how-to-use>

2) Introduction à la commande non-linéaire



Exercice de code

Commande par couple calculé

<https://colab.research.google.com/drive/19SLbtnJHDen3-EUIyP1BSFVhGs4WSc5J?usp=sharing>



Exercice de code

Commande par surface glissante

<https://colab.research.google.com/drive/1DQhoq-NbWHHI6RSf-KQXwoW7SLwfldgk?usp=sharing>



Exercice de code

Commande adaptative

<https://colab.research.google.com/drive/1J8C-CvJdrhDU4q1294057Qopn3tnEBNi?usp=sharing>

1 Robot de perçage revisité

Compétences à développer dans ce devoir

- Mettre en oeuvre une loi de commande de type couple calculé
- Comprendre l'effet des paramètres sur le comportement dynamique

On réutilise ici le même environnement qu'au devoir no 4, mais ici votre défi est d'implémenter une loi de commande de type **couple calculé** pour positionner le robot à une configuration cible.

À l'aide de l'amorce de code et de l'environnement de simulation disponible au lien suivant:



Exercice de code

Amorce de code du robot de perçage

<https://colab.research.google.com/drive/1isI4Jbdph7r0HSGmHMzgCkTc7FEVjk97?usp=sharing>

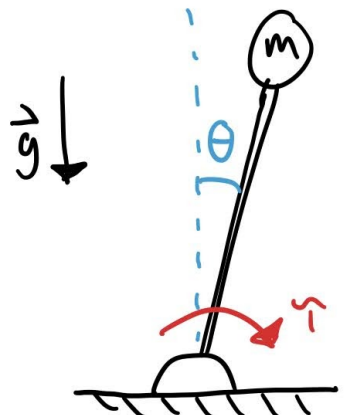
- a) implémenter la méthode de commande du couple calculé
- b) testez votre loi de commande pour divers conditions initiales et configurations cibles.

2 Stabilité d'un système non-linéaire

Compétences à développer:

- Conception d'une loi de commande pour un système non-linéaire
- Méthode énergétique (*Lyapunov*) pour analyser la stabilité

Pour le système suivant (pendule inversé) asservi avec la loi de commande $\tau = -k_p\theta$, déterminez si le système est stable et dans quelles conditions. Proposez une valeur de gain k_p pour stabiliser le système.



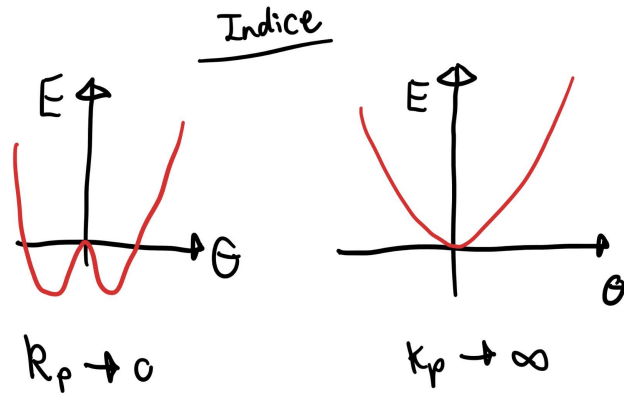
$$\underbrace{m l^2 \ddot{\theta} - m g l \sin \theta + \frac{1}{2} c |\dot{\theta}| \dot{\theta}}_{\text{Dynamique naturelle}} = \underbrace{-k_p \theta}_{\text{Loi de commande}}$$

Note: Les équations du mouvement vous sont fournis pour ce numéro. Ci-dessous un guide d'étapes pour résoudre ce numéro.

1) Utilisez la fonction énergétique suivante (Candidat *Lyapunov*)

$$E = \underbrace{mgh + \frac{1}{2} m l^2 \dot{\theta}^2}_{\text{Énergie mécanique}} + \underbrace{\frac{1}{2} k_p \theta^2}_{\text{Énergie "virtuelle" du ressort du contrôleur}}$$

2) Vérifiez quel k_p minimal est requis pour que le point $\theta = 0$ soit un minimum de cette fonction.



3) Vérifiez les conditions pour que la dérivée temporelle de la fonction énergétique soit négative ($\dot{E} < 0$).