

## TP CPS n° 4. Modélisation et Simulation du robot Lego pendule inversé.

### 1 Préliminaires

Cette séance consistera à modéliser et simuler en continu puis en hybride le robot Lego pendule inversé qui sera exploité dans les séances de TP suivantes. Le contrôleur sera synthétisé à partir du modèle symbolique.

### 2 Utilisation de MatLab pour représenter le modèle du robot Lego pendule inversé

L'objectif est d'étudier le modèle du robot Lego pendule inversé. Construire un modèle Simulink continu comportant un système et un contrôleur par retour d'état. La fonction  $f(x,u)$  sera implantée avec un bloc MATLAB Function qui contiendra le code disponible à l'adresse <http://pantel.perso.enseeiht.fr/courses/CPS/TP04/fonction.m>.

Simuler le modèle réalisé.

### 3 Synthèse du contrôleur pour le modèle du robot Lego pendule inversé

L'objectif est de calculer les coefficients  $K$  pour le contrôleur par retour d'états. Il faut pour cela calculer linéariser le système et calculer les matrices  $A$  et  $B$ . Celles-ci sont disponibles dans le fichier MatLab <http://pantel.perso.enseeiht.fr/courses/CPS/TP04/matrices.m>.

Il faut ensuite calculer les coefficients  $K$  à partir des valeurs propres souhaitées et des matrices  $A$  et  $B$ . La boîte à outils MatLab propose la fonction `place(A,B,V)` dont les paramètres sont les matrices  $A$  et  $B$  ainsi que le vecteur de valeurs propres  $V$  et qui renvoie  $-K$ .

Simuler le modèle contrôlé réalisé.

Une alternative symbolique automatique consiste à calculer les Jacobiennes pour l'état d'équilibre souhaité de la fonction  $f(x,u)$  selon les variables  $x$  (matrice  $A$ ) et  $u$  (matrice  $B$ ).

```
syms u
x = sym( 'x', [4 1] )
f = fonction(x,u)
fx = jacobian(f,x)
xe = [0 0 0 0]
ue = 0
A = subs(subs(fx,x,xe),u,ue)
fu = jacobian(f,u)
B = subs(subs(fu,x,xe),u,ue)
```

### 4 Introduction des capteurs et actionneurs

L'état du système est observé par des capteurs qui ne restituent pas l'intégralité des composantes de l'état. Dans notre contexte, il s'agit d'un gyroscope et d'un compteur de nombre de tours effectués par les roues. Le gyroscope mesure la vitesse de changement d'angle du corps du robot  $\frac{d\psi}{dt}$ . Le compteur le nombre de tour de roues. Pour modéliser le capteur, il faut donc introduire un sous-système qui extrait ces informations de l'état  $x$  et reconstruit un état partiel. Pour compenser cette perte d'information, il faut introduire un sous-système prédicteur qui recalcule les informations manquantes à partir des informations disponibles.

Modéliser le capteur et le prédicteur.

Simuler le modèle contrôlé ainsi réalisé.

## 5 Construction du modèle hybride

Le contrôleur et le prédicteur seront implantés en logiciel dans le robot Lego, donc sous la forme d'un modèle discret. Le système représentant la physique reste un modèle continu.

Introduire dans le capteur un bloc Zero-Order Hold de l'onglet Discrete de la bibliothèque Simulink. L'état reconstruit en sortie du capteur est ainsi discret.

Modifier le prédicteur pour utiliser des opérateurs discrets implantés à partir de blocs élémentaires ou de code MatLab.

Simuler le modèle contrôlé réalisé.