

## Bureau d'études Systèmes Cyber Physique.

L'évaluation pratique repose sur le travail réalisé en séances encadrées. Il s'agit de rédiger en binôme un rapport qui résume le travail réalisé et de nous envoyer une archive contenant les modèles principaux ainsi que le code source embarqué dans le robot Lego. **Cette archive devra être déposée sur Moodle pour le vendredi 31 mars à 22h00.**

1. Transmettre une archive avec les travaux suivants réalisés pendant les séances de travaux pratiques :
  - (a) TP1 : modèle continu du pendule simple (exercice 6)
  - (b) TP2 : modèle continu structuré du pendule simple sous la forme  $dx/dt = f(x)$  (résultat intégré des exercices 2 et 3)
  - (c) TP2 : modèle continu structuré du pendule inversé avec contrôleur par retour d'état sous la forme  $dx/dt = f(x,u)$  avec  $u = u_e + K(x - x_e)$  (exercice 5)
  - (d) TP3 : modèle continu (environnement physique) et discret (contrôleur) intégré (capteur, prédicteur et actuateur) (résultat intégré des exercices 2, 5, 6 et 7)
  - (e) TP4 : modèle continu et discret du robot Lego avec contrôleur et prédicteur/estimateur (résultat intégré des exercices 2, 3 et 4)
  - (f) TP5 et TP6 : application C embarquée dans le robot Lego et fichiers de configuration  
Il s'agira d'une archive ZIP ou TGZ avec une structure figée en imposant les noms de fichiers et de répertoires.

BE-CPS/TP1  
BE-CPS/TP2  
BE-CPS/TP3  
BE-CPS/TP4  
BE-CPS/TP5-6

2. Transmettre un rapport sur l'ensemble du travail réalisé en présentant et commentant les modèles et simulations correspondantes.

Ce rapport fera le lien entre les séances de Travaux Dirigés et Pratiques pour le pendule inversé.

Vous exploiterez les équations physiques de la dynamique pour construire les équations d'états et le contrôleur, en expliquant succinctement le principe du contrôle par retour d'état et du calcul de  $K$  à partir des valeurs propres.

Vous présenterez les modèles du robot Lego et leur implantation logicielle embarquée.

Vous utiliserez des courbes de simulation pour illustrer l'impact de grandeurs physiques comme la longueur du pendule inversé, et la valeur des valeurs propres sur la qualité du contrôleur (vous pouvez utiliser pour cela l'intégrale du carré de  $U$  qui est liée à la quantité d'énergie introduite par le contrôleur).

L'objectif est de nous montrer que vous avez acquis une vision globale et compris ce que vous avez réalisé en séances sous notre pilotage.

Le rapport devra être relativement court, entre 5 et 10 pages avec les modèles et les courbes. Le texte sera de l'ordre de 2 à 3 pages. Le reste correspondra aux captures d'écran des modèles et résultats de simulation. Le rapport sera effectué et rendu en binôme.