

TP N°3 (Octobre 2021)***(Commande par retour d'état « placement de pôles »)***

Première partie : Description des systèmes

Soit le système (4^{ème} système : Système mécanique « pendule-chariot » du TP02)

La commande par retour d'état consiste à calculer l'erreur entre la valeur de référence ou la consigne $r(t)$ et la valeur de l'état mesurée $x(t)$ multipliée par un gain de retour K , pour commander le système en question.

La figure III.1 montre le schéma canonique d'une commande par retour d'état.

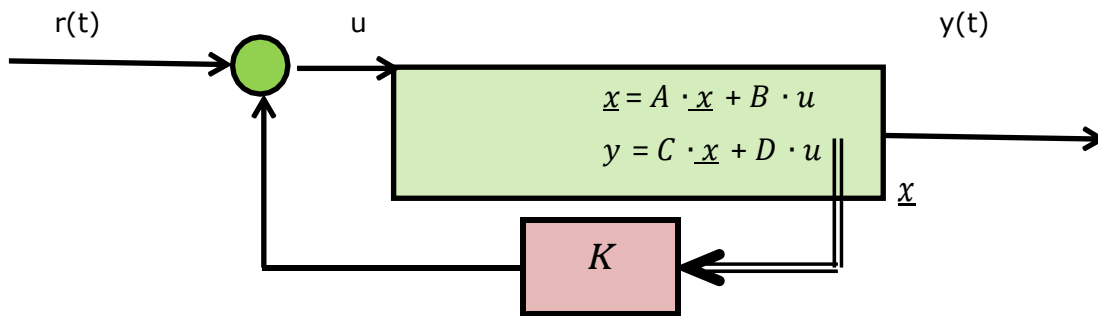


Figure III.1: Commande par retour d'état

L'expression de la commande et de l'équation d'état de ce système sont les suivantes :

$$u(t) = (r(t) - K \cdot x(t))$$

$$\dot{x}(t) = (A - B \cdot K) \cdot x(t) + B \cdot K \cdot r(t)$$

L'objectif de la commande ici, est de stabiliser le système en choisissant le gain de retour d'état K de manière à placer correctement les valeurs propres de $(A - B \cdot K)$. Deux approches peuvent être utilisées pour obtenir le gain K de retour :

- ✓ **Placement de pôles direct** : consiste à calculer le gain de retour d'état K de manière à placer les pôles de la matrice $(A - B \cdot K)$ à des valeurs précises (stables et répondent aux performances souhaitées sur le système corrigé). Il faut par contre veiller à ce que la valeur de K ne soit pas aberrante. La fonction **acker** (ou **place**) de Matlab permet d'effectuer un placement de pôles direct.
- ✓ **La commande optimale linéaire quadratique LQR.**

Deuxième partie : Compte-rendu à remettre

1. Commandabilité :

Avant de commencer à synthétiser le système, il est important de savoir si ce dernier est commandable ou non.

- ✓ Construire la matrice de commandabilité à l'aide de **ctrb** et vérifier la commandabilité par **det** et **rank**,
- ✓ En se servant du TP2, donner le modèle d'état du système en boucle fermée.

2. Calcul de la matrice de retour d'état K

- ✓ Déterminer les pôles du système (valeurs propres de A) et vérifier la stabilité du système.
- ✓ Choisir des nouveaux pôles pour la nouvelle matrice d'état $(A - BK)$ à partir de ceux de A .
- ✓ En se servant de la méthode d'Ackerman, réaliser par votre programme le calcul du gain de retour d'état K .
- ✓ Comparer le résultat avec celui trouvé en utilisant les fonctions Matlab **place**, **acker** et **lqr**.

3. Analyse du système en boucle fermée

- ✓ Créer un programme contenant la représentation d'état du système bouclé (**ss**).
- ✓ Observer la position des pôles et des zéros du système en boucle fermée et les comparer à celle du système en boucle ouverte en utilisant **pzmap**.
- ✓ Conclure sur l'effet d'une commande par retour d'état concernant la position des pôles et des zéros.
- ✓ En utilisant Matlab, Simuler le système bouclé en choisissant un échelon de consigne 0.5. Observer les signaux de sortie et de commande ainsi que les états du système, utiliser la fonction Matlab **step**,
- ✓ Comparer la réponse indicielle avec celle obtenue sous Matlab avec la fonction **lsim**,
- ✓ De même, en utilisant Simulink, simuler la réponse indicielle du système bouclé,
- ✓ Commenter les performances du système en boucle fermée par rapport au système en boucle ouverte.

Remarque : A chaque fois que les performances du régime transitoire ne sont pas satisfaites. On modifie les pôles (valeurs propres de $(A - BK)$), puis on recalcule K .

4. Commande par retour d'état avec action intégrale (Simulink)

Lors d'une commande par retour d'état, l'erreur statique n'est pas forcément nulle. Ceci n'est généralement pas gênant dans la mesure où l'objectif poursuivi est une régulation, sauf dans le cas où l'objectif consiste à suivre une trajectoire (asservissement ou problème de poursuite) → **On peut alors procéder à l'insertion d'un intégrateur dans la chaîne d'action directe.**

- ✓ Définir le système augmenté et calculer une valeur de K_i permettant de réduire l'erreur statique par la méthode place (acker) de Matlab.
- ✓ Construire le modèle du pendule inversé pendule+chariot sous Simulink.
- ✓ Tester les performances du système en boucle fermée.

On comparera pour cela les résultats obtenus avec le modèle complet et ceux obtenus avec le modèle linéaire.

Introduction d'une perturbation :

En présence de perturbations sur l'entrée, nous étudions le système par retour d'état avec l'intégrateur.

- ✓ Simuler pendant 20s pour étudier l'effet des perturbations additives suivantes au niveau de l'entrée :
- ✓ Impulsion de 15% de la consigne à $t=8s$,
- ✓ Echelon de 15% de la consigne entre $t=8s$ et $t=10s$,
- ✓ Vérifier le rejet des perturbations additives.