  
Laboratoire #1

Commande du braquage de la gouverne de profondeur d’un avion

AER8410 – Commande de vol et de moteurs

Travail présenté au professeur David Saussié

Automne 2024

Département de génie électrique

École Polytechnique de Montréal

Dernière mise à jour : 10 septembre 2024

Sebastien Negrut 2077233

Rudolf Kalman 19051930

# Introduction

# Étude en boucle ouverte

## Tracer et superposer les réponses Temporelles pour les valeurs de

## T = {-750, -250, -50, 0, 50, 250, 750}

Voici les réponses temporelles pour les différents échelons en entrées :

Une image contenant texte, Tracé, diagramme, capture d’écran

Description générée automatiquement

Figure 1 : Étude de la réponse temporelles pour différents échelons en entrée

Le graphique indique premièrement que les réponses temporelles suivent le signe de l’entrée échelon donc lorsque l’entrée est négative la réponse temporelle va suivre et être négative aussi. Ensuite, le graphique montre que plus la valeur de l’entrée échelon est basse, moins la réponse temporelle va osciller ce qui permet d’avoir un système plus stable, par contre le système se stabilise en régime permanent à des valeurs plus basses.

Voici les valeurs en régime permanent des différents systèmes

Tableau 1 : valeurs de pour les différentes entrées échelon

|  |  |
| --- | --- |
| Valeur de l’échelon d’entrée | Valeur de |
| -750 | -0.3856 |
| -250 | -0.2247 |
| -50 | -0.0994 |
| 0 | 0 |
| 50 | 0.0994 |
| 250 | 0.2247 |
| 750 | 0.3856 |

## Tracer et superposer les réponses Temporelles pour T = 0 avec les conditions initiales = {-0.5; -0.25; -0.1; 0; 0.1; 0.25; 0.5}

Voici les réponses temporelles pour les différentes conditions initiales

Une image contenant diagramme, texte, ligne, Tracé

Description générée automatiquement

Figure 2 : étude de la réponse temporelles pour différentes conditions initiales

Ici, le graphique montre que les conditions initiales ont un grand impact sur la stabilité du système. En effet, les conditions initiales plus élevées engendrent des grandes oscillations dans le système lorsqu’il essaye de se stabiliser, tandis que des conditions initiales plus basses vont diminuer les oscillations dans le système. Finalement, le système se stabilise autour d’un pour toutes les conditions initiales puisque l’entrée échelon T = 0 pour chaque cas et comme vu dans le graphique précédent, la réponse en régime permanent sera .

# Linéarisation

## Donner le modèle d’état du système

## Pour , trouver le point d’équilibre

## Trouver la valeur du point d’équilibre pour

## Vérifier les valeurs en régime permanent pour

## T = {-750, -250, -50, 0, 50, 250, 750}

## Linéariser le système autour de l’équilibre

# Synthèse d’un correcteur de placement de pôle

## Donner les matrices A, B, C, D du système linéarisé

Voici les matrices fournies par l’énoncé qui seront utilisées pour les calculs suivants

## Calculer la fonction de transfert

La fonction de transfert a été calculée avec le code Matlab suivant :

Une image contenant texte, Police, capture d’écran, conception

Description générée automatiquement

La fonction de transfert résultante est la suivante :

## Tracer le diagramme fonctionnel de la loi de commande avec un PID

Voici le diagramme fonctionnel du système en boucle fermée tracé sur Simulink :

Une image contenant diagramme, ligne, Rectangle, Plan

Description générée automatiquement

Figure 3 : Diagramme fonctionnel de la loi de commande assimilable à un PID

## Donner la fonction de transfert du diagramme fonctionnel

Pour calculer la fonction de transfert du système il faut simplifier le diagramme fonctionnel, on obtient la fonction de transfert suivante :

La fonction de transfert finale devient :

## Calcul des gains

Il faut placer les pôles suivants pour créer le polynôme de degré 3 :

Le polynôme est le suivant :

Puisque le dénominateur de la fonction de transfert calculé en 4.4 doit être égal au polynôme ci-dessus, il est possible de résoudre le système d’équations suivant :

Les coefficients calculés sont donc les suivants :

## Trace de la réponse temporelles du système linéarisé en boucle fermée avec les entrées échelons

Voici le graphique de la réponse temporelle du système en boucle fermée avec les gains calculés ci-dessus :

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, diagramme

Description générée automatiquement

Figure 4 : réponse temporelle du système en boucle fermée avec différentes valeurs d’entrée échelon

Avec le graphique présent ci-dessus, on s’aperçoit que les oscillations sont éliminées et le système se stabilise presque immédiatement lorsqu’il est en boucle fermée et que le gain calculé à l’étape précédente sont appliqués au système.

# Implantation du correcteur

## Mesure des réponses temporelles du système en boucle fermée pour

Pour cette section du laboratoire, le système utilisé est le suivant :

Une image contenant diagramme, ligne, Plan, capture d’écran

Description générée automatiquement

Voici le graphique des différentes réponses temporelles correspondant à chaque entrées échelon avec le système suivant :

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, diagramme

Description générée automatiquement

Explication

## Comparaison du comportement du système pour différentes valeurs de

Pour cette section, le pseudo dérivateur est utilisé pour la boucle de rétroaction. Les valeurs utilisées sont les suivantes :

Pour chaque valeur de , 3 simulations sont conduites avec

Pour  :

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, diagramme

Description générée automatiquement

Pour  :

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, diagramme

Description générée automatiquement

Pour 5 :

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, diagramme

Description générée automatiquement

Pour  :

Une image contenant texte, capture d’écran, ligne, Tracé

Description générée automatiquement

## Simulation pour

Une image contenant texte, diagramme, ligne, Tracé

Description générée automatiquement

Sans dérivateur :

Une image contenant texte, diagramme, Tracé, ligne

Description générée automatiquement