

Mécanique Lagrangienne

MK06 : TP2 application des équations de Lagrange



1 Consignes :

Ce TP est un problème mécanique ouvert, dont la solution exacte n'est pas connue. Il doit permettre de juger votre aptitude à mobiliser simultanément différentes compétences mécatroniques. Les différents membres du TP sont encouragés à former des équipes qui feront des choses différentes, mais qui coopéreront les unes avec les autres.

2 Compte rendu :

Le compte rendu de TP sera rédigé par le groupe. **Il doit être synthétique 15 pages maxi.** Précisez pour chaque partie les noms des étudiants qui ont participé.

Précisez les hypothèses, paramétrage, outils utilisés, méthodologie. Une attention particulière doit être portée sur les unités, les axes des figures, la clarté des illustrations.

Vous enverrez un seul compte rendu par groupe de TP **au format pdf + un simulateur au format Matlab Simulink** à mon adresse : david.grossoleil@unilim.fr avant le 11/11/2025 à 13h (1 point de pénalité par heure de retard).

Sujet du mail : MK06_helico_n°grTP

3 Problème général :

Réaliser un simulateur Matlab de l'hélicoptère miniature radio commandé :

- 3 commandes en entrée : 3 tensions d'alimentation des moteurs
- 5 sorties : position du centre de gravité dans le repère sol x, y, z et orientation selon deux angles lacet α et tangage β .

Vous devrez à la fin des deux séances simuler un plan de vol avec

- un décollage,
- une navigation simple (monter, tourner, avancer, tourner etc... à votre guise)
- un atterrissage (posé dur accepté).

Ce simulateur sera constitué de sous-systèmes qui devront être calibrés individuellement :

- 2 motoréducteurs principaux et un moteur électrique de queue
- 3 hélices

- le contact intermittent sol/hélico
- la barre de Bell
- le frottement aérodynamique de l'hélicoptère dans l'air
- la dynamique l'hélicoptère en 3D.

On vous impose les notations suivantes.

- Solide (0) le sol Galiléen et son repère associé R_0 avec \vec{z}_0 vers le haut.
- Un repère intermédiaire d'azimut R_1 , avec $R_0 \xrightarrow{\alpha(t)} R_1$
- Solide (2) le châssis de l'hélicoptère et son repère associé R_2 , avec $R_1 \xrightarrow{\beta(t)} R_2$
- Solide (3) l'hélice supérieure et son repère associé R_3 , avec $R_2 \xrightarrow{\omega_3(t)} R_3$
- Solide (4) l'hélice inférieure et son repère associé R_4 , avec $R_2 \xrightarrow{\omega_4(t)} R_4$
- Solide (5) l'hélice de queue et son repère associé R_5 , avec $R_2 \xrightarrow{\omega_5(t)} R_5$

Séance 1 :

Faire un schéma paramétré de l'hélico à 5 degrés de liberté. Mettre en place les efforts sur le dessin. Calculer les coefficients énergétiques d'effort.

Mesurer la masse, les dimensions caractéristiques et la matrice d'inertie de l'hélicoptère.

Réaliser les sous-systèmes calibrés au format simulink

- modèle de moteur + réducteur (2 entrées : tension, couple résistant, 1 sortie : vitesse de rotation). Calibration grâce au banc moteur.
- modèle de poussée des hélices (1 entrée : vitesse de rotation, 2 sorties : force de portance, couple résistant). Calibration grâce au banc de pesée.
- modèle de contact avec le sol (2 entrées : altitude, vitesse verticale, 1 sortie : force du sol sur l'hélicoptère). Calibration avec une équation de la dynamique à un seul degré de liberté en z et des ordres de grandeur réalisistes sur le nombre de rebonds de l'hélicoptère au sol.
- modèle de la barre de Bell (2 entrées : tangage, vitesse de tangage, 1 sortie : le couple de la barre de Bell). Calibration par une vidéo ou par des ordres de grandeur réalisistes.
- modèle des frottements aérodynamiques : (3 entrées : les vitesses $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$, 3 sorties : les trois composantes de la force aérodynamique projetées dans R_0). Pas de calibration, mais des ordres de grandeur réalisistes.

Réaliser un simulateur qui fasse décoller et atterrir l'hélico.

Réaliser un asservissement de position PI à un seul degré de liberté en z.

Entre les 2 séances

Calculer les 5 équations de Lagrange du système à 5 degrés de liberté.

Séance 2 :

Finir le simulateur à 5 degrés de Liberté.

Tester le plan de vol.

Rédiger le compte rendu.