



AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mme : SOUKAINA KRAFES

Discipline : Génie Mécanique

Spécialité : Génie Mécanique

Sujet de la thèse : Contribution au développement des stratégies de stabilisation des pendules sphériques inversés.

Formation Doctorale : Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

Thèse présentée et soutenue le samedi 28 septembre 2019 à 10h au Centre de conférences devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Fouad BELMAJDOUB	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Bachir ELKIHHEL	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Oujda	Rapporteur
Imad MANSOURI	PH	Ecole Nationale Supérieure d'Art et Métiers de Meknès	Rapporteur
Mohamed ALFIDI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
Mohamed OUAHI	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examineur
Abdelmjid SAKA Zakaria CHALH	PES PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Directeurs de thèse

Laboratoire d'accueil : Ingénierie, Systèmes et Applications.

Etablissement : Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès



Titre de la thèse : Contribution au développement des stratégies de stabilisation des pendules sphériques inversés.

Nom du candidat : Soukaina KRAFES

Spécialité : Génie mécanique

Résumé de la thèse

Cette thèse traite la modélisation et le développement des stratégies de contrôle et de stabilisation du pendule sphérique inversé. Ce dernier est l'un des modèles les plus complexes des systèmes mécaniques sous-actionnés et dont on trouve peu de résultats concernant sa commande. Le système du pendule sphérique inversé est non linéaire, instable, sous-actionné, MIMO et peut développer des modèles de mouvement ordonnés et complexes et parfois chaotiques lorsqu'il est forcé. Ajoutant à cela, l'impossibilité de placer des capteurs au niveau de la liaison sphérique afin de mesurer les états du système. Le pendule sphérique inversé considéré dans cette thèse consiste en un pendule inversé relié par une articulation sphérique à une base mobile. Cette dernière est capable de se déplacer dans les plans horizontal et vertical sous l'influence des forces f_x , f_y et f_z . Plusieurs aspects de contrôle n'ont pas été conçus pour le pendule sphérique inversé en raison de son non linéarité, instabilité et sous-actionnement Multi-Entré Multi-Sorti. Par conséquent, l'objectif de contrôle proposé pour la stabilisation consiste à utiliser les forces f_x , f_y et f_z pour contrôler le pendule dans sa position verticale instable tout en garantissant une large zone de stabilité. De plus, de nombreuses méthodes standard de commande ne permettent pas de le contrôler. Par conséquent, plusieurs stratégies de contrôle non linéaires seront proposées afin de traiter le modèle du pendule sphérique inversé. Un des développements les plus importants de la théorie de la stabilité, à savoir le concept de stabilité de Lyapunov, qui est utilisé pour développer un contrôleur basé sur la fonction de Lyapunov afin de contrôler l'angle du pendule à partir de toute position initiale de l'hémisphère supérieur.

Les résultats de la simulation seront alors comparés au même système avec deux entrées planaires f_x et f_y . Après cela, un contrôleur non linéaire Backstepping est développé de telle manière à stabiliser le pendule depuis n'importe quelle condition initiale tandis que la base est amenée à l'origine des coordonnées. Comparé au LQR et LQR +PID, ces derniers étaient incapables de contrôler le système global. Enfin, la base mobile du système est remplacée par un Quad-rotor pour rendre le système applicable aux études expérimentales.

Un asservissement visuel basé sur le contrôleur Backstepping est appliqué pour stabiliser le pendule en position verticale et ramener le Quad-Rotor à la position souhaitée. L'efficacité du nouveau modèle et des trois stratégies de contrôle proposées est démontrée par des résultats de simulation et validée à l'aide de l'environnement de réalité virtuelle sur Matlab/Simulink.

Mots clés : Pendule sphérique inversé, contrôleur non linéaire, stabilisation, MIMO