

# Sujet de stage 2022

## 1 Intitulé

### Commande robuste d'un moteur électrique sans balais à aimants permanents.

## 2 Environnement

### Encadrants industriels :

Guillaume Giraud, cofondateur, ingénieur R&D  
guillaume.giraud@kythera.fr  
Entreprise Kythera

### Encadrants académiques :

Micky RAKOTONDRABE, Professeur des Universités  
[mrakoton@enit.fr](mailto:mrakoton@enit.fr)

Groupe MAVRICS – Département Systèmes – Laboratoire LGP – INP-ENI de Tarbes

Mourad BENOUSSAAD, Maître de conférences.

[mourad.benoussaad@enit.fr](mailto:mourad.benoussaad@enit.fr)

Groupe MAVRICS – Département Systèmes - Laboratoire LGP – INP-ENI de Tarbes

### Dates et durée de stage :

Début de stage : Mars 2022

Durée : 5-6 mois.

Emplacement : Kythera (Toulouse), LGP, INP-ENIT (Tarbes)

## 3 Problématique et sujet

Une commande efficace des actionneurs de type moteurs électriques est essentielle pour atteindre des performances requises des systèmes mécatroniques industriels tels que les robots et les convoyeurs [1]. La société Kythera développe de nouveaux types d'actionneurs et de moteurs ainsi que leurs lois de commande en exploitant le courant électrique (dans le repère tournant avec le rotor) pour une commande en position, en vitesse et en couple de ces systèmes mécatroniques. L'algorithme de contrôle est une commande vectorielle [2], [3] (un asservissement en courants, FOC en anglais pour *Field-Oriented Control*), par-dessus laquelle plusieurs boucles de commande de type PID sont appliquées pour le contrôle en position, en vitesse et en couple. Les grandeurs mesurées pour assurer ces commandes sont :

- le courant et la tension pour chacune des trois phases,
- la tension d'alimentation,
- la position angulaire du moteur à travers un encodeur,
- éventuellement les températures en différents points (carte électronique, transistor de puissance, moteur) par des capteurs adaptés.

L'objectif de ce stage est d'améliorer ces contrôles déjà implémentés en proposant de nouvelles lois de commande plus robustes, éventuellement adaptatives, vis-à-vis des conditions de

fonctionnement. Pour atteindre cela, le stage se déroulera en plusieurs étapes. La première concerne la caractérisation d'un *benchmark* à base d'un moteur développé et mis à disposition par l'entreprise Kythera. Cette première étape mènera à une étape de modélisation et d'identification des paramètres de modèle. La troisième étape consistera à étudier, synthétiser et implémenter une ou plusieurs lois de commande capables d'assurer les performances selon les conditions d'utilisation du benchmark/moteur. Par exemple, le fonctionnement à haute et à basse vitesse sera étudié, en prenant en compte le couple d'engrenage dû aux aimants permanent. Un tel fonctionnement à grande plage impliquera également des non-linéarités qu'il faudra considérer. Enfin, les lois de commande étant dédiées à être embarquées, la prise en compte de l'échantillonnage, et donc synthèse discrète, sera certainement une voie à prendre. La dernière étape concerne l'étude et la quantification du rendement mécanique (par l'énergie électrique consommée) tenant compte de l'élasticité de la chaîne de transmission.

## 4 Contexte

Ce stage de Master s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'entreprise Kythera, spécialiste du développement d'actionneurs et moteurs ainsi que des lois de commande pour leur pilotage, et le Laboratoire Génie de Production (LGP) de l'INP-ENIT, spécialiste en automatique pour les systèmes mécatroniques et en robotique. Le stage répondra aux problématiques concrètes posées par la commande des moteurs électriques en présence d'incertitudes des modèles et des influences externes sur ceux-ci. Le stage se déroulera au sein du laboratoire LGP (Tarbes) avec quelques déplacements prévus au sein de Kythera à Toulouse.

## 5 Mots Clefs

moteur sans balais à aimants permanents, commande robuste/adaptative, identification des paramètres, commande sans capteur.

## 6 Profil et candidature

Le(a) candidat(e) pour le stage doit préparer un diplôme de Master 2 ou en fin d'étude d'ingénieur en automatique/mécatronique/robotique ou des domaines voisins. Il(elle) doit avoir des compétences en automatique (estimation, identification et commande) et en programmation. Un intérêt pour l'expérimentation est nécessaire.

Pour candidater, merci d'envoyer votre CV et une lettre de recommandation à [guillaume.giraud@kythera.fr](mailto:guillaume.giraud@kythera.fr).

## 7 Références

- [1] F. Grimminger *et al.*, "An Open Torque-Controlled Modular Robot Architecture for Legged Locomotion Research," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 5, no. 2, pp. 3650–3657, 2020.
- [2] J. R. Mevey, "Sensorless Field Oriented Control of Brushless Permanent Magnet Synchronous Motors." KANSAS STATE UNIVERSITY Manhattan, Kanss, p. 335, 2006.
- [3] A. Flah, I. A. Khan, A. Agarwal, L. Sbita, and M. G. Simoes, "Field-oriented control strategy for double-stator single-rotor and double-rotor single-stator permanent magnet machine: Design and operation," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 90, p. 106953, 2021.
- [4] J. Lee, J. Hong, K. Nam, R. Ortega, L. Praly, and A. Astolfi, "Sensorless control of surface-mount permanent-magnet synchronous motors based on a nonlinear observer," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 25, no. 2, pp. 290–297, 2010.