



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mme (elle) **ABZI Imane**  
Soutiendra : le **Lundi 18/12/2023 à 10H00**  
Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

Une thèse intitulée :  
**Commande tolérante aux défauts :**  
**Application au contrôle de la dynamique d'un véhicule automobile**

En vue d'obtenir le **Doctorat**  
FD : **Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication**  
Spécialité : **Génie électrique**

Devant le jury composé comme suit :

| Nom et prénom            | Etablissement                                      | Grade | Qualité                |
|--------------------------|--|-------|------------------------|
| Pr BOUMHIDI Ismail       | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès           | PES   | Président              |
| Pr AYAD Hassan           | Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Marrakech | PES   | Rapporteur & Examineur |
| Pr MOUHIB Omar           | Faculté des Sciences, Kénitra                      | PES   | Rapporteur & Examineur |
| Pr EL BEKKALI Chakib     | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès           | PES   | Rapporteur & Examineur |
| Pr BENBRAHIM Mohammed    | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès           | PES   | Examineur              |
| Pr CHALH Zakaria         | Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Fès       | PES   | Examineur              |
| Pr KABBAJ Mohammed Nabil | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès           | PES   | Directeur de thèse     |



## Résumé :

Le contrôle de la dynamique d'un véhicule automobile est une tâche difficile. D'abord, le modèle d'un véhicule est fortement non linéaire. Par ailleurs, la charge du véhicule, les conditions de la route et les incertitudes de modélisation sont des paramètres variables dans le temps. De plus, le vieillissement des plaques du frein, les défauts capteurs et les défauts moteurs peuvent introduire une différence entre la sortie de commande et la réponse du véhicule. Dans des situations critiques comme les virages, de tels problèmes vont mettre la vie des passagers en danger. L'objectif de cette thèse est de proposer des stratégies de commande tolérantes aux défauts pour contrôler la dynamique latérale et longitudinale des véhicules automobiles. Ainsi, l'amélioration le confort et la sécurité des passagers. Premièrement, nous avons proposé des contrôleurs robustes pour contrôler la dynamique latérale et la dynamique longitudinale du véhicule. Nous avons choisi la commande par modes glissants à ordre fractionnaire car elle offre une grande plage de stabilité, une robustesse incontournable contre les perturbations et les incertitudes et un faible taux de réticence par rapport aux méthodes conventionnelles. Malgré l'importance des commandes robustes, ces dernières ne permettent pas d'assurer le fonctionnement du système en présence de tous types de défauts. Pour cela, nous avons proposé une méthode tolérante aux défauts capteurs dédiée au contrôle de la dynamique latérale. Cette technique repose sur un nouveau modèle des forces latérales et la représentation multi-modèles floue de type T-S (Takagi-Sugeno). Notre stratégie prend en compte la faible variation de la vitesse longitudinale du véhicule. Les perturbations sont rejetées grâce au critère . Les conditions de stabilité au sens de Lyapunov ont été formulées sous forme des LMI (Inégalité Matricielle Linéaire). Quant aux défauts actionneurs, nous avons élaboré une nouvelle stratégie tolérante aux défauts pour le contrôle de la dynamique latérale du véhicule soumis à des défauts actionneurs. Notre méthode consiste à mettre en place deux observateurs de perturbations qui assurent simultanément l'estimation des défauts actionneurs et des perturbations. Les gains de ces observateurs sont calculés de manière à garantir la bornitude des erreurs d'estimation. Finalement, l'insertion d'un contrôleur adaptatif par modes glissants à ordre fractionnaire (FOSMC) force la stabilité du système tout en compensant les défauts actionneurs et les perturbations extérieurs. Les résultats de la simulation obtenus démontrent l'efficacité et les bonnes performances du travail réalisé dans le cadre de cette thèse.

**Mots clés :** Commande tolérante aux défauts, défauts capteurs, défauts actionneurs, dynamique latérale, dynamique longitudinale.



## FAULT-TOLERANT CONTROL: APPLICATION TO THE CONTROL OF A VEHICLE DYNAMICS

### Abstract:

Controlling the dynamics of a vehicle is a difficult task. The vehicle model is highly nonlinear. Furthermore, vehicle load, road conditions and modeling uncertainties are timevarying parameters. In addition, the brake plate aging, sensor faults and motor faults can introduce a difference between the control output and the vehicle response. In critical situations like cornering, such problems will endanger the lives of passengers. The objective of this thesis is to propose fault-tolerant control strategies to control the lateral and longitudinal dynamics of vehicles. Thus, improving the comfort and safety of passengers. Firstly, we proposed robust controllers to control the lateral and the longitudinal dynamics of the vehicle. We chose fractional-order sliding mode control because it offers a large stability range, superior robustness against disturbances and uncertainties, and a low chattering rate compared to conventional methods. Despite the importance of robust control strategies, they do not ensure the operation of the system in the presence of all types of faults. For this reason, we have proposed a sensor fault-tolerant method dedicated to the control of the lateral dynamic. This technique is based on a new model of the lateral forces and the fuzzy multi-model representation of Takagi– Sugeno (T-S). Our strategy takes into account the low variation of the longitudinal speed of the vehicle. Perturbations are rejected using the criterion. Moreover, stability conditions in the sense of Lyapunov were formulated in the form of LMI (Linear Matrix Inequality). In regards to actuator faults, we have developed a new fault-tolerant strategy for controlling the lateral dynamics of the vehicle subjected to actuator faults. Our method consists of setting up two disturbance observers which simultaneously estimate actuator faults and disturbances. The gains of these observers are calculated in a way to guarantee the boundness of the estimation errors. Finally, the integration of an adaptive fractional order sliding mode controller (FOSMC) ensures the stability of the system by compensating actuator faults and external disturbances. The results of the simulation obtained demonstrate the efficiency and the good performance of the methods carried out within the framework of this thesis.

**Key Words:** Fault-tolerant control, sensor faults, actuator faults, lateral dynamic, longitudinal dynamic.