



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

**Mr EL FEZAZI Youssef**  
 Soutiendra : le Samedi 24/01/2026 à 10H00  
 Lieu : FSDM – Département de Géologie

*Une thèse intitulée :*

**Fault-tolerant control of T-S Fuzzy systems : Applications to automotive vehicles**

*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 :*

<b>Nom et prénom</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
BOUMHIDI Ismail	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Président
LAGRAT Ismail	Ecole Nationale des Sciences appliquées, Kénitra	PES	Rapporteur
KRIRIM Said	Ecole Supérieure de Technologie, Guermim	MCH	Rapporteur
CHARQI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	MCH	Rapporteur
CHAIBI Noredine	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	MCH	Examinateur
EL FATHI Amin	Faculté des Sciences et Techniques, Al Hoceima	MCH	Examinateur
TISSIR El Houssaine	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse
IDRISSI Said	École Supérieure de Technologie, Salé	MCH	Co-directeur de thèse
EL FEZAZI Nabil	Faculté Polydisciplinaire, Larache	MCH	Invité



**Abstract :**

This thesis contributes to the field of road safety by enhancing the reliability and robustness of automotive control systems. Despite significant advances in vehicle safety technologies, many accidents still occur due to loss of control caused by actuator faults. To address this challenge, the research develops robust fault-tolerant control (FTC) strategies capable of maintaining vehicle stability and safety under such adverse conditions. Using the Takagi–Sugeno (T–S) fuzzy modeling framework, the nonlinear dynamics of vehicles are represented through local linear submodels combined with fuzzy membership functions, enabling accurate control synthesis in the presence of uncertainties, time-varying delays, and faults. The thesis presents three main contributions: first, new delay-dependent stability and stabilization conditions for T–S fuzzy systems based on refined Lyapunov–Krasovskii functionals (LKF<sub>s</sub>); second, an optimized robust FTC approach for a quarter-vehicle suspension system, where the controller gains are initially derived using the linear quadratic regulator (LQR) technique and subsequently optimized via the particle swarm optimization (PSO) algorithm to achieve an optimal balance between ride comfort, road-holding capability, and robustness; and third, an  $H_{\infty}$  observer-based FTC framework for lateral vehicle dynamics that ensures precise fault estimation, effective disturbance rejection, and robust stability. All control designs are formulated as convex linear matrix inequality (LMI) problems and validated through simulation studies, confirming improved robustness and performance, and providing a unified and practical framework for reliable vehicle control in advanced automotive systems.

**Key Words :**

Takagi–Sugeno (T–S) fuzzy systems; time-varying delay; actuator faults; fault-tolerant control (FTC); linear quadratic regulator (LQR); Lyapunov–Krasovskii functionals (LKF<sub>s</sub>); linear matrix inequality (LMI);  $H_{\infty}$  performance index; particle swarm optimization (PSO); quarter-vehicle suspension; lateral vehicle dynamics.



## Commande Tolérante aux Défauts des Systèmes Flous T-S : Applications aux Véhicules Automobiles

### Résumé :

Cette thèse contribue au domaine de la sécurité routière en améliorant la fiabilité et la robustesse des systèmes de commande automobile. Malgré les progrès significatifs réalisés dans les technologies de sécurité des véhicules, de nombreux accidents continuent de se produire en raison d'une perte de contrôle causée par des défaillances des actionneurs. Afin de relever ce défi, cette recherche développe des stratégies de commande tolérante aux pannes (FTC) robustes, capables de maintenir la stabilité et la sécurité du véhicule dans des conditions défavorables. En s'appuyant sur le cadre de modélisation floue de Takagi–Sugeno (T–S), la dynamique non linéaire du véhicule est représentée par des sous-modèles linéaires locaux combinés à des fonctions d'appartenance floues, permettant ainsi une synthèse de commande précise en présence d'incertitudes, de retards variables dans le temps et de fautes. La thèse présente trois contributions principales : premièrement, l'établissement de nouvelles conditions de stabilité et de stabilisation dépendantes du retard pour les systèmes flous T–S, basées sur des fonctionnels de Lyapunov–Krasovskii (LKF<sub>s</sub>) raffinés; deuxièmement, le développement d'une approche FTC robuste et optimisée pour un système de suspension quart de véhicule, dont les gains de commande sont initialement obtenus par la technique du régulateur linéaire quadratique (LQR), puis optimisés à l'aide de l'algorithme d'optimisation par essaim de particules (PSO) afin d'obtenir un compromis optimal entre confort, adhérence et robustesse; et troisièmement, la conception d'un cadre FTC à base d'observateur  $H_{\infty}$  appliqué à la dynamique latérale du véhicule, garantissant une estimation précise des fautes, une atténuation efficace des perturbations et une stabilité robuste. L'ensemble des lois de commande est formulé sous forme d'inégalités matricielles linéaires (LMI) convexes et validé par des études de simulation, confirmant une amélioration notable en termes de robustesse et de performance, et offrant ainsi un cadre uniifié et pratique pour une commande fiable des véhicules dans les systèmes automobiles avancés.

### Mots clés :

systèmes flous de Takagi–Sugeno (T–S); retards variables dans le temps; défaillances d'actionneurs; commande tolérante aux défauts (FTC); régulateur linéaire quadratique (LQR); fonctionnelles de Lyapunov–Krasovskii (LKF<sub>s</sub>); inégalité matricielle linéaire (LMI); indice de performance  $H_{\infty}$ ; optimisation par essaims particulaires (PSO); suspension quart de véhicule; dynamique latérale du véhicule.