



**Proposition de Thèse au CRAN (2021-2024)**  
**Directeurs de thèse : Benoît Marx et Jean-Christophe Ponsart**

**Titre : Diagnostic et contrôle tolérant aux défauts pour systèmes LPV**

**Description administrative**

<u>Établissement :</u>	Université de Lorraine
<u>Laboratoire :</u>	CRAN Centre de Recherche en Automatique de Nancy (site web)
<u>Directeur de thèse :</u>	Benoît Marx (site web) - Jean-Christophe Ponsart
<u>Début de la thèse :</u>	01/09/2021
<u>Durée du contrat :</u>	3 ans
<u>Financement :</u>	Contrat Doctoral de l'Université de Lorraine
<u>Rémunération :</u>	env. 1500 euros / mois net
<u>Profil du candidat :</u>	Master ou diplôme d'ingénieur en Automatique et/ou Mathématiques Appliquées
<u>Contact :</u>	benoit.marx@univ-lorraine.fr jean-christophe.ponsart@univ-lorraine.fr

**Mots-clefs**

Diagnostic, commande tolérante aux fautes, systèmes non linéaires.

**Contexte**

Le diagnostic et la commande tolérante aux fautes (FTC, pour fault tolerant control) sont des enjeux primordiaux. En effet le diagnostic permet de détecter, localiser et éventuellement quantifier un ou des dysfonctionnements dans un procédé. La commande tolérante aux fautes s'appuie sur les résultats du diagnostic pour garantir un certain niveau de performance malgré l'occurrence de faute(s) [1]. Si ces outils sont développés dans le cadre linéaire depuis plusieurs décennies, l'enjeu actuel reste leur extension au cadre non linéaire, nécessaire à la description précise de procédés complexes. Dans cette optique, l'utilisation de modèles linéaires à paramètres variants (LPV) [3, 9], polytopique ou TS [12] constitue un outil intéressant et générique permettant la représentation d'une large classe de systèmes non linéaires à l'aide d'une structure proche du cas linéaire ou d'un ensemble de sous-modèles linéaires [6, 13]. Cette représentation facilite l'analyse de performances et la synthèse de modules de commande, d'observation et de diagnostic en utilisant, par exemple, des techniques d'optimisation sous contraintes d'inégalités matricielles (LMI, pour linear matrix inequalities).

**Détail des recherches attendues**

La cause et la nature des défauts affectant le procédé à diagnostiquer et/ou à commander influent de manière importante sur les techniques de diagnostic ou de FTC mises en jeu. Les défauts peuvent être causés - entre autres - par des corruptions de mesures (accidentelles ou malveillantes) sous la forme d'entrées inconnues se substituant aux données transmises ou par des défauts de transmission (données manquantes, saturations [2], zones mortes, etc) [11]. Du point de vue de leur modélisation, on peut distinguer deux grandes classes de défauts : additifs et paramétriques.

Parmi ces derniers, un soin particulier devra être porté aux saturations de commande qui empêchent d'appliquer la commande calculée [14]. Des travaux ont déjà été menés dans cette direction [2], mais certains verrous demeurent (hypothèses restrictives, pessimisme des résultats, etc) et limitent leurs applications. Une meilleure description des phénomènes de saturation sous forme polytopique devrait permettre de lever certains de ces verrous.

Des contraintes portant sur les variables d'état devraient également être intégrées pour tenir compte du domaine de validité de la réécriture polytopique du modèle non linéaire original [10].

CENTRE DE  
RECHERCHE EN  
AUTOMATIQUE DE  
NANCY



**UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE**

**CRAN UMR 7039**

2 avenue de la forêt de Haye – 54516 Vandœuvre – Cedex

Tél: +33 (0) 3 72 74 44 56

E-mail: benoit.marx@univ-lorraine.fr

Web: <http://www.cran.univ-lorraine.fr/perso/benoit.marx/>

Dans le cadre du diagnostic et de la tolérance aux défauts additifs, une direction de recherche intéressante serait d'éviter le recours exclusif aux structures à base d'observateurs. En effet, l'observateur est synthétisé en minimisant l'influence des défauts sur l'erreur d'estimation, puis le générateur de résidu est construit pour être le plus sensible possible aux défauts, précisément à partir de cette erreur d'estimation. Il serait donc intéressant d'envisager d'autres structures pour les modules de diagnostic à partir des signaux disponibles d'entrée et sortie du système. Parmi les structures possibles, l'utilisation de la factorisation copremière serait à envisager pour le diagnostic et pour le FTC de systèmes non linéaires. Cette technique a été utilisée dans le cadre linéaire pour le diagnostic [5] et pour le FTC [15], mais son extension au cadre non linéaire reste ouverte.

Pour résumer, après un travail bibliographique préliminaire, les pistes suivantes pourraient être explorées par le doctorant :

- la modélisation polytopique des phénomènes des défauts de transmission tels que les saturations et / ou les zones mortes permettant leur prise en compte dans le modèle du système, voire l'estimation de leurs paramètres [2] ;
- le diagnostic à base d'observateurs pour les systèmes non linéaires basés sur une représentation par des modèles polytopiques / LPV [8, 7] ;
- l'extension du diagnostic par factorisation copremière, existant dans le cas linéaire, aux systèmes non linéaires représentés par des modèles polytopiques / LPV ;
- l'extension des résultats obtenus aux modèles polytopiques / LPV descripteurs [4, 8].

## Références

- [1] M. Blanke, M. Kinnaert, J. Lunze and M. Staroswiecki, *Diagnosis and fault-tolerant control*, Springer, 2006.
- [2] S. Bezzaoucha, B. Marx, D. Maquin, J. Ragot, State and output feedback control for Takagi-Sugeno systems with saturated actuators, *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, 30 : 888-905, 2016.
- [3] C. Briat, *LPV & Time-Delay Systems - Analysis, Observation, Filtering & Control*, Springer-Heidelberg, 2015.
- [4] V. Estrada Manzo, Estimation et commande des systèmes descripteurs, Thèse de doctorat de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 2015.
- [5] P.M. Frank, X Ding, Frequency Domain Approach to Optimally Robust Residual Generation and Evaluation for Model-based Fault Diagnosis, *Automatica*, 30(5) : 789-804, 1994.
- [6] Z. Lendek, T.M. Guerra, R. Babuska, and B. De Schutter. *Stability Analysis and Nonlinear Observer Design using Takagi-Sugeno Fuzzy Models*, Springer, 2010.
- [7] F.R. Lopez-Estrada, D. Theilliol, C.M. Astorga-Zaragoza, J.C. Ponsart, G. Valencia-Palomo, J.L. Camas-Anzueto, Fault diagnosis observer for descriptor Takagi-Sugeno systems, *Neurocomputing*, 331 : 10-17, 2019.
- [8] F.R. Lopez Estrada, Contribution au diagnostic de défauts à base de modèles : Synthèse d'observateurs pour les systèmes singuliers linéaires à paramètres variants aux fonctions d'ordonnancement non mesurables, Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine, 2014.
- [9] B. Marx, D. Ichalal, J. Ragot, D. Maquin, S. Mammar, Unknown input observer for LPV systems, *Automatica*, 100 : 67-74, 2019.
- [10] A.T. Nguyen, A. Dequidt, and M. Dambrine. Anti-windup based dynamic output feedback controller design with performance consideration for constrained Takagi-Sugeno systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 40 : 76-83, 2015.

- [11] F. Pasqualetti, F. Dorfler, F. Bullo, Attack Detection and Identification in Cyber-Physical Systems, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 58(11) : 2715-2729, 2013.
- [12] T. Takagi and M. Sugeno. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 15(1) :116-132, 1985.
- [13] K. Tanaka and H.O. Wang. *Fuzzy Control Systems Design and Analysis : A Linear Matrix Inequality Approach*. Wiley, 2001.
- [14] S. Tarbouriech, G. Garcia, J.M. Gomes da Silva, Jr., and I. Queinnec. Stability and Stabilization of Linear Systems with Saturating Actuators. Springer, 2011.
- [15] K. Zhou and Z. Ren. A new controller architecture for high performance, robust, and fault-tolerant control. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 46(10) :1613-1618, 2001.

### Comment candidater ?

Merci d'envoyer les documents listés ci-dessous aux adresses suivantes :  
benoit.marx@univ-lorraine.fr et jean-christophe.ponsart@univ-lorraine.fr,

**dès que possible et avant le 1 avril 2021.**

- CV détaillé contenant notamment la description de vos cursus universitaire, expérience professionnelle et stage.
- Attestation éventuelle de grade de Master ou diplôme équivalent, dont l'équivalence devra être validée par l'école doctorale dans le cas des diplômes étrangers.
- Copies des diplômes et suppléments au diplôme, ainsi que les notes obtenues et les classements du candidat.
- Mémoire(s) ou/et rapports de stage ou/et publications du candidat.
- Lettres de recommandation d'un ou de plusieurs scientifiques (encadrant du stage de master ou du stage ingénieur, par exemple).
- Tout élément témoignant de la valeur du candidat et de sa capacité à préparer une thèse.
- Copie de votre passeport (pour les ressortissants hors Union Européenne) ou carte d'identité.