



**Pour candidater prendre contact avec P. Mohamed Naceur Abdelkrim et  
Madame Rabea BENJEMAA**

**benjemaarab@gmail.com; naceur.abdelkrim@enig.rnu.tn**

**Titre du sujet de thèse :** Contribution à la commande neuronale adaptative des systèmes non-linéaires à retard

**Mots clés :** système NL à retard, stabilité, Lyapunov, LMI, diagnostic, commande adaptative, commande neuronale, commande neuronale adaptative, défaut.

**Description :**

La majorité des systèmes dynamiques rencontrés dans la pratique ne sont pas linéaires. La méthode de linéarisation permet parfois d'appliquer des méthodes de commande linéaires à des systèmes non linéaires pour une portée de fonctionnement très limitée. Toutefois, le niveau de performance souhaité ou les problèmes de suivi sur une large plage d'exploitation exigent l'inclusion de non linéarités. En ce qui concerne la conception de la commande.

Le non linéarité et la précision du modèle influent directement sur les performances des systèmes de commande.

Le non linéarité peut limiter les performances obtenues. Le défi de la prise en compte des non linéarités au cours de la conception de la commande est très complexe lorsque le système présente un retard.

Les réseaux de neurones artificiels utilisent plusieurs éléments de calculs simples interconnectés pour exécuter des tâches complexes de classification et d'approximation. Les réseaux de neurones sont apparus récemment comme des approximations ajustables capables de reproduire le comportement complexe des systèmes non linéaires. Dans ce sujet, nous combinerons la commande adaptative et les réseaux neuronaux pour mettre à profit leurs caractéristiques communes pour résoudre les problèmes de la commande des systèmes non linéaires avec retard.

L'objectif principal de cette thèse est le développement de nouvelles structures de commande adaptative neuronale pour la commande des systèmes non linéaires avec retard.

Dans la première étape, on introduit une étude bibliographique de quelques approches de stabilité, de diagnostic et de la commande des systèmes non linéaires à retard. Dans cette partie, nous n'aborderons pas chacune de ces techniques, mais nous donnerons un aperçu

rapide de leurs avantages et inconvénients. Pour résoudre le problème exposé, nous introduisons également la commande à base des réseaux de neurones artificiels.

La deuxième étape de la thèse sera consacrée à une étude de stabilité basée sur le choix de la fonction de Lyapunov et l'utilisation des inégalités matricielles linéaires LMIs pour réduire la complexité de calcul sera développée. Ainsi, les différentes tâches de diagnostic : détection et estimation de défaut seront réalisées.

Dans cette étape, les problèmes posés par la commande des systèmes non linéaires à retard sont définis, un exemple très simple illustre l'incapacité des techniques de commande linéaire à résoudre ces problèmes et à produire des performances acceptables. Cette observation justifie à elle seule l'introduction des réseaux de neurones comme élément clé de la commande adaptative des systèmes non linéaires à retard. La 2<sup>ème</sup> partie de cette étape introduit les propriétés fondamentales des réseaux de neurones qui rendent leur application dans la commande des systèmes non linéaires intéressante.

La troisième partie, présente une architecture de la commande neuronale adaptative indirecte. L'architecture est applicable à une large classe de système non linéaire multi variables à retard. Elle permet un calcul découplé des entrées de la commande basée sur l'estimation neuronale de la dynamique du système commandé. L'analyse de stabilité garantit la stabilité et la robustesse de la boucle de commande.

La dernière partie de cette thèse sera consacrée à un exemple d'application où la méthode développée sera simulée et comparée à d'autres résultats existants dans la littérature.

## **Quelques références sur le sujet**

[1] Rhili, Fatma Ezzahra, Asma Atig, and Ridha Ben Abdennour. "Fuzzy adapting rate for a neural emulator of nonlinear systems: real application on a chemical process." *Transactions of the Institute of Measurement and Control* 41.8 (2019): 2214-2222.

[2] Rhili, Fatma Ezzahra, et al. "Stability analysis of adaptive control using fuzzy adapting rate neural emulator: Experimental validation on a thermal process." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 235.8 (2021): 1403-1416

[3] Rhili, Fatma Ezzahra, et al. "Stability analysis of adaptive control using fuzzy adapting rate neural emulator: Experimental validation on a thermal process." *Proceedings of the*

*Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 235.8 (2021): 1403-1416.

[4] Nesrine BAHRI, une commande neuronale adaptative basée sur des émulateurs neuronal et multi modèle pour les systèmes non linéaires mimo et simo. Thèse de doctorat. 30 Septembre 2015. Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabés.

[5] Ghania Debbache, Contribution à la commande neuronale adaptative des systèmes non linéaires incertains. Thèse de doctorat. 13/11/2011. Université mentouri-constantine faculté des sciences de l'ingénieur département d'électronique.

[6] Farhat, Yassin, et al. "Stability analysis strategy for the adaptive neural control system: A practical validation via a transesterification reactor." *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering* 45.4 (2021): 1395-1409.