

Sujet de thèse du Laboratoire LAC

Titre : Observation et commande des systèmes à retard - Approches fini- et infini-dimensionnelles.

Comité d'encadrement:

F. Giri, directeur, fouad.giri@unicaen.fr

T. Ahmed-Ali, co-directeur, tarek.ahmed-ali@ensicaen.fr

Description

Le retard pur (ou temps mort) est un phénomène naturel dans la majorité des systèmes physiques. En outre, certains composants de commande, comme les organes de commande et les transmetteurs de mesure, introduisent des retards supplémentaires. A ce propos, la pénétration des réseaux de communication dans les systèmes de commande a accentué le phénomène retard dans ces derniers. Il est bien établi que la négligence de ce phénomène lors de la phase de synthèse des systèmes de commande peut entraîner l'instabilité de ces systèmes. De ce fait, une intense activité de recherche a été consacrée, au cours des deux dernières décennies, au problème de synthèse de systèmes de commande pour les systèmes retardés. La synthèse d'un système de commande comprend notamment la conception de régulateurs et d'observateurs. A vrai dire, la majorité des travaux antérieurs ont porté sur la synthèse de régulateurs. De ce fait, le présent projet de thèse portera notamment sur la conception d'observateurs d'état, sans négliger le problème de commande. Il convient de noter que le recours aux observateurs d'état ne se limite pas uniquement aux situations où certaines variables d'états ne peuvent pas être mesurées faute de capteurs disponibles. En effet, la mise en place d'observateurs d'état, même en présence de capteurs, peut être motivée par des considérations de fiabilité d'un système de contrôle ou pour des besoins de détection et diagnostic de pannes de capteurs.

Il va de soi que la présence de retards introduit une difficulté supplémentaire aux problèmes de conception d'observateurs et rend ceux-ci plus complexes. La difficulté vient essentiellement du caractère infini-dimensionnel du phénomène de retard qui se représente mathématiquement par une équation aux dérivées partielles (EDPs) de type hyperbolique. Malgré ce caractère infini-dimensionnel, la plupart des études antérieures se sont efforcées de continuer à traiter le problème de synthèse d'observateurs (et de régulateurs aussi) en utilisant plutôt les outils théoriques des systèmes de dimension finie. Ainsi, les prédicteurs nécessaires pour compenser l'effet du retard sont définis par des équations différentielles ordinaires (ODEs) et la stabilité du système d'erreurs d'estimation est analysée à l'aide de fonctionnelles de type Lyapunov-Krasovskii. Relativement peu de travaux antérieurs ont abordé le problème de synthèse d'observateurs des systèmes retardés, notamment non linéaires, en permettant au retard d'être ce qu'il est réellement, c'est-à-dire un phénomène infini-dimensionnel décrit par une EDP. Le LAC est un des rares laboratoires Français à s'être attaqué à cette question et à compter déjà des contributions dans ce domaine, e.g. [1]. Le présent projet de thèse vise à poursuivre cette activité de recherche en s'attaquant à différents phénomènes de retards modélisés par des classes d'EDPs hyperboliques. L'accent sera en priorité mis sur le problème d'observation, sans totalement écarter celui de commande. Les classes d'EDPs qui seront considérées se distingueront par le type des sorties mesurables (aux frontières, non locales, ...), l'emplacement et la nature du retard, les conditions aux bords, les non-linéarités, etc. L'incertitude paramétrique et les perturbations externes seront également considérées dans l'étude. Il s'agit d'élaborer pour ces différentes classes de systèmes des méthodes de synthèse et d'analyse d'observateurs capables d'estimer l'état et les paramètres inconnus du système. Il s'agit aussi de

développer des méthodes de synthèse et d'analyse de régulateurs stabilisants et hautement performants en termes de poursuite de trajectoires de référence et de régulation en présence de perturbations et de diverses contraintes. Ces dernières incluent les contraintes et les défauts induits par les actionneurs et les capteurs et les contraintes de communication liées à la présence d'un média de communication fonctionnant suivant un protocole donné.

Ce projet de thèse revêt donc une importante dimension fondamentale visant la levée de verrous scientifiques clairement identifiés. Mais, l'application des résultats de la thèse notamment aux systèmes de génération et transport de l'énergie électriques est aussi envisagée.

Pré-requis

Les candidats à cette thèse doivent posséder une connaissance suffisante de la théorie de stabilité de Lyapunov et des éléments de mathématiques appliqués relatifs aux équations aux dérivées partielles (analyse fonctionnelle, espaces de Hilbert, de Sobolev). Une connaissance des inégalités matricielles linéaires (LMIs) serait un plus.

Mot clefs : systèmes non linéaires, systèmes de dimension infinie, systèmes non linéaires échantillonnés, systèmes non linéaires à retard, observateurs non linéaires, commande non linéaire.

[1] T. Ahmed-Ali, F. Giri, M. Krstic, M. Kahelras. PDE Based Observer Design for Nonlinear Systems with Large Output Delay. *Systems and Control Letters*, *Systems & Control Letters*, vol. 113, pp. 1–8, 2018.