



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **6 octobre 2017**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **TRINH Ngoc Tu**

Titre de la thèse : « Transport thermique aux interfaces : Angle critique des phonons, transfert à travers un gap »



Résumé

Dans cette étude on s'intéresse à la dynamique d'une classe de systèmes non-linéaires décrits par des équations aux dérivées partielles (EDP) du type hyperbolique. L'objectif de l'étude est de construire des lois de contrôle par feedback dynamique de la sortie afin de stabiliser le système autour d'un point d'équilibre d'une part, et, d'autre part, de réguler la sortie vers le point de consigne.

Nous considérons la classe des systèmes de dimension infinie gouvernés par des

EDP quasi-linéaires à deux variables indépendantes (une variable temporelle et une variable spatiale). Le modèle mathématique des systèmes prend la forme suivante en termes de EDP :

$$(\partial \Phi(x,t))/\partial t + A(\Phi(x,t)) (\partial \Phi(x,t))/\partial x = 0, x \in \Omega, t > 0$$

où Ω désigne un intervalle connexe borné de $\mathbb{R}$, l'état $\Phi(x,t) \in \mathbb{R}^n$, et la matrice $A(\Phi(x,t)) \in \mathbb{R}^{(n,n)}$.

Nous supposons que la matrice $A(\Phi(x,t))$ est diagonalisable ou plus simplement diagonale ayant toutes les valeurs propres réelles et non nulles. Pour le bien-posé du système dynamique non seulement l'état initial mais aussi certaines conditions frontières doivent être prescrites en cohérence avec les EDP. Nous supposons que l'observation et le contrôle sont ponctuels. Autrement dit l'action du contrôle intervient dans le système via les conditions frontières et l'observation est effectuée aux points de la frontière. La trajectoire du système évolue en fonction du temps dans un espace fonctionnel défini sur l'intervalle Ω .

Notre étude est motivée par l'observation que de nombreux processus physiques sont modélisés par ce type d'équations EDP. Nous citons, par exemple, des processus tels que flux trafique en transport, flux de gaz dans un réseau de pipeline, échangeurs thermiques en génie des procédés, équations de télégraphe dans des lignes de transmission, canaux d'irrigation en génie civil etc.

Nous commençons l'étude par une EDP non-linéaire scalaire. Dans ce cas-là nous

proposons un correcteur intégral stabilisant qui assure la régulation de la sortie avec l'erreur statique nulle. Nous prouvons la stabilisation locale du système non-linéaire par le correcteur intégral en construisant une fonctionnelle de Lyapunov appropriée.

La conception des correcteurs proportionnels et intégraux (PI) que nous proposons est étendue dans un cadre de systèmes de deux EDP. Nous prouvons la stabilisation du système en boucle fermée à l'aide d'une nouvelle fonctionnelle de Lyapunov.

La synthèse des correcteurs PI stabilisants se poursuit dans un cadre de réseaux formés d'un nombre fini de systèmes à deux EDP : réseau étoilé et réseau série en cascade. Les contrôles et les observations se trouvent localisés aux différents nœuds de connexion. Pour ces configurations nous présentons un ensemble de correcteurs PI stabilisants qui assurent la régulation vers le point de consigne. Les correcteurs PI que nous concevons sont validés par des simulations numériques à partir des modèles non-linéaires EDP.

La contribution de la thèse, par rapport à la littérature existante, consiste en l'élaboration de nouvelles fonctionnelles de Lyapunov pour une classe de systèmes stabilisés par correcteur PI. En effet une grande quantité de résultats ont été obtenus sur la stabilisation des systèmes hyperboliques par feedback statique de la sortie. Toutefois il existe encore peu de résultats sur la stabilisation de ces systèmes par feedback dynamique de la sortie. L'étude de la thèse est consacrée sur l'élaboration des fonctionnelles de Lyapunov permettant d'obtenir des correcteurs PI stabilisants. L'approche de Lyapunov direct que nous avons proposée a pour l'avantage de permettre d'étudier la robustesse des lois de feedback de la sortie PI vis-à-vis de la non-linéarité.

Une autre contribution de la thèse consiste en la construction des programmes de Malab permettant d'effectuer des simulations numériques pour la validation des correcteurs conçus. Pour la résolution numérique des EDP hyperboliques nous avons discrétisé nos systèmes par le schéma numérique de Preissmann. Nous avons chaque fois un système d'équations algébriques non-linéaires à résoudre de façon récurrente. L'apport des simulations numériques nous permet de mieux comprendre la méthodologie applicative de la théorie du contrôle en dimension infinie.

Mots-Clés

Systèmes EDP hyperboliques – systèmes non-linéaires – contrôle au bord – feedback dynamique – stabilité – régulation de mesure – PI contrôleur – fonctionnelle de Lyapunov – réseau en étoile – réseau en cascade – simulation numérique – schéma Preissmann.