



Approximation de modèles dynamiques de grande dimension sur intervalles de fréquences limités

Soutenance de thèse de Pierre Vuillemin

Le lundi 24 Novembre à 14h00
Salle des thèses de l'ISAE

Devant le jury :

Martine Olivi	INRIA Sophia Antipolis	rapporteur
Serkan Gugercin	Virginia Tech	rapporteur
Didier Henrion	LAAS CNRS	examineur
Michel Zasadzinski	Université de Lorraine	examineur
Daniel Alazard	Université de Toulouse	directeur de thèse
Charles Poussot-Vassal	Onera	Co-directeur de thèse

Résumé

Les systèmes physiques sont représentés par des modèles mathématiques qui peuvent être utilisés pour simuler, analyser ou contrôler ces systèmes. Selon la complexité du système qu'il est censé représenter, un modèle peut être plus ou moins complexe. Une complexité trop grande peut s'avérer problématique en pratique du fait des limitations de puissance de calcul et de mémoire des ordinateurs. L'une des façons de contourner ce problème consiste à utiliser *l'approximation de modèles* qui vise à remplacer le modèle complexe par un modèle *simplifié* dont le comportement est toujours représentatif de celui du système physique.

Dans le cas des modèles dynamiques Linéaires et Invariants dans le Temps (LTI), la complexité se traduit par une dimension importante du vecteur d'état et on parle alors de *modèles de grande dimension*. L'approximation de modèle, encore appelée *réduction de modèle* dans ce cas, a pour but de trouver un modèle dont le vecteur d'état est plus petit que celui du modèle de grande dimension tel que les comportements entrée-sortie des deux modèles soient proches selon une certaine norme. La norme $\| \cdot \|_2$ a été largement considérée dans la littérature pour mesurer la qualité d'un modèle réduit. Cependant, la bande passante limitée des capteurs et des actionneurs ainsi que le fait qu'un modèle est généralement représentatif d'un système physique dans une certaine bande fréquentielle seulement, laissent penser qu'un modèle réduit dont le comportement est fidèle au modèle de grande dimension dans un intervalle de fréquences donné, peut être plus pertinent. C'est pourquoi, dans cette étude, *la norme H_2 limitée en fréquences*, ou norme $H_{2\Omega}$, qui est simplement la restriction de la norme H_2 sur un intervalle de fréquences Ω , a été considérée. En particulier, le problème qui vise à trouver un modèle réduit minimisant la norme $H_{2\Omega}$ de l'erreur d'approximation avec le modèle de grande dimension a été traité.

Deux approches ont été proposées dans cette optique. La première est une approche empirique basée sur la modification d'une méthode sous-optimale pour l'approximation H_2 . En pratique, ses performances s'avèrent intéressantes et rivalisent avec certaines méthodes connues pour l'approximation de modèles sur intervalles de fréquences limités.

La seconde est une méthode d'optimisation basée sur la formulation pôles-résidus de la norme $H_{2\Omega}$. Cette formulation généralise naturellement celle existante pour la norme H_2 et permet également d'exprimer deux bornes supérieures sur la norme H_∞ d'un modèle LTI, ce qui est particulièrement intéressant dans le cadre de la réduction de modèles. Les conditions d'optimalité du premier ordre pour le problème d'approximation

optimale en norme H_2 ont été exprimées et utilisées pour créer un algorithme de descente visant à trouver un minimum local au problème d'approximation. Couplé aux bornes sur la norme H_∞ de l'erreur d'approximation, cette méthode est utilisée pour le contrôle de modèles de grande dimension.

D'un point de vue plus pratique, l'ensemble des méthodes proposées dans cette étude ont été appliquées, avec succès, dans un cadre industriel comme éléments d'un processus global visant à contrôler un avion civil flexible.

Mots-clés : modèles linéaires invariants dans le temps, modèles de grande dimension, réduction de modèles, approximation de modèles, approximation de modèles sur intervalles de fréquences limités