


Problèmes de contrôle nonpermanent optimal


Adly Samir, samir.adly@unilim.fr
Tél : 033587506770
Bourdin Loïc, loic.bourdin@unilim.fr
Tél : 033587506719

Equipe : MOD, Limoges

Mots clés : contrôle optimal, contrôle nonpermanent et contrôle échantillonné, principe du maximum de Pontryagin, convergence, contrôlabilité

Résumé de la thèse :

 La théorie du contrôle optimal s'intéresse à l'étude de systèmes dynamiques contrôlés, où l'objectif est de guider un tel système de son état initial vers un état final voulu, tout en maximisant ou en minimisant un certain critère. De très nombreux résultats mathématiques ont été démontrés dans cette discipline depuis les années 1950. Cependant, dans la grande majorité de ces énoncés, le contrôle du système dynamique est considéré comme permanent, c'est-à-dire que la valeur du contrôle est autorisée à être modifiée en tout temps. Il est clair qu'une telle requête n'est pas envisageable en général en pratique. Dans cette thèse, notre objectif sera de développer des résultats autour de la théorie du contrôle nonpermanent optimal, en particulier dans le cadre de contrôles échantillonnés très répandu en Automatique et en Ingénierie.

 Optimal control theory is concerned with the analysis of controlled dynamical systems, where one aims at steering such a system from a given configuration to some desired target by minimizing some criterion. Numerous mathematical results have been proved in this area since the 1950's. However, in most of these results, the control is permanent, that is, the value of the control can be modified at any real time. It is clear that such a requirement is not conceivable in general in practice. In this thesis, our aim will be to investigate mathematical results in the optimal nonpermanent control theory, in particular in the framework of sampled-data controls prevalent in Automatic and Engineering.

Objectifs :

Le premier objectif de cette thèse sera de démontrer une version du PMP qui sera applicable au cas de contrôle nonpermanent où la nonpermanence du contrôle dépendra de l'état du système. Nous nous attacherons ensuite à étudier le comportement des trajectoires et des contrôles optimaux dans un tel cadre en fonction des données et des hypothèses.

De nombreux autres objectifs pourront être considérés par la suite en fonction de l'avancée des travaux de l'étudiant. On peut par exemple mentionner que le résultat de convergence obtenu dans REF2 concerne uniquement un cadre linéaire-quadratique sans contrainte sur l'état final du système. Un challenge sera de démontrer un résultat de convergence similaire dans le cadre nonlinéaire et/ou avec des contraintes sur l'état final. Un autre exemple concerne l'extension (ou non) de la condition de Kalman pour la contrôlabilité d'un système dans le cas d'un contrôle nonpermanent. Finalement, le caractère nonpermanent (ou plus simplement échantillonné) du contrôle d'un système soulève de nombreuses questions, et en fonction de

l'avancée de ses travaux, l'étudiant pourra lui-même se poser de multiples questions et tenter d'y répondre.

Description complète du sujet de thèse :

La théorie du contrôle optimal s'intéresse à l'étude de systèmes dynamiques contrôlés, où l'objectif est de guider un tel système de son état initial vers un état final voulu, tout en maximisant ou en minimisant un certain critère. Le Principe du Maximum de Pontryagin (en abrégé PMP) est un résultat fondamental de la théorie du contrôle optimal qui a été établi dans les années 1950. Ce résultat correspond à une condition nécessaire d'optimalité de premier ordre, et permet dans de nombreux cas d'identifier et/ou d'approcher et/ou d'analyser qualitativement le contrôle optimal d'un système dynamique associé à un critère donné. La théorie du contrôle optimal (et en particulier le PMP) a, comme on peut facilement le deviner, un champ d'applications scientifiques immense.

Dans l'énoncé classique du PMP, le contrôle du système dynamique est considéré comme permanent, c'est-à-dire que la valeur du contrôle est autorisée à être modifiée en tout temps. Il s'en suit que, dans de nombreux problèmes, réaliser une trajectoire optimale requière une modification permanente du contrôle. Cependant, il est clair qu'une telle requête n'est pas envisageable, ni pour les êtres humains, ni pour les appareils mécaniques et numériques. C'est pourquoi, les contrôles constants par morceaux (appelés contrôles échantillonnés), dont le nombre de modifications des valeurs autorisées est fini, sont plus largement considérés en Automatique ou en Ingénierie. Ces contrôles échantillonnés sont un premier exemple de contrôles nonpermanents. Un autre exemple concerne bien entendu les systèmes dynamiques contrôlés dont les trajectoires traversent des zones dites d'ombre ou de non-contrôle (comme un téléphone portable ou un GPS passant sous un tunnel par exemple).

Une première version du PMP applicable à des problèmes de contrôle nonpermanent optimal a été obtenue dans REF1. Ce résultat a ensuite permis d'obtenir un premier résultat de convergence des contrôles échantillonnés optimaux vers le contrôle permanent optimal (voir REF2). Il a également permis d'étendre la théorie de Riccati du cas classique dit permanent vers le cas dit échantillonné (voir REF2).

Dans la version du PMP démontrée dans REF1, la nonpermanence du contrôle est fixée à l'avance et est donc totalement indépendante de l'état du système. Le premier objectif de cette thèse sera de démontrer une version du PMP qui sera applicable au cas de contrôle nonpermanent où la nonpermanence du contrôle dépendra de l'état du système. Nous nous attacherons ensuite à étudier le comportement des trajectoires et des contrôles optimaux dans un tel cadre en fonction des données et des hypothèses.

De nombreux autres objectifs pourront être considérés par la suite en fonction de l'avancée des travaux de l'étudiant. On peut par exemple mentionner que le résultat de convergence obtenu dans REF2 concerne uniquement un cadre linéaire-quadratique sans contrainte sur l'état final du système. Un challenge sera de démontrer un résultat de convergence similaire dans le cadre nonlinéaire et/ou avec des contraintes sur l'état final. Un autre exemple concerne l'extension (ou non) de la condition de Kalman pour la contrôlabilité d'un système dans le cas d'un contrôle nonpermanent. Finalement, le caractère nonpermanent (ou plus simplement échantillonné) du contrôle d'un système soulève de nombreuses questions, et en fonction de l'avancée de ses travaux, l'étudiant pourra lui-même se poser de multiples questions et tenter d'y répondre.

REF1 : Optimal sampled-data control, and generalizations on time scales, par Loïc Bourdin et Emmanuel Trélat, MCRF, 2016.

REF2 : Linear-quadratic optimal sampled-data control problems: convergence and Riccati theory, par Loïc Bourdin et Emmanuel Trélat, Automatica, 2017.

Compétences à l'issue de la thèse :

Nous visons à ce que l'étudiant devienne un expert en théorie du contrôle optimal. Nous souhaitons en particulier que celui-ci soit capable de développer des algorithmes numériques pour la résolution de problèmes de contrôle optimal.

Présentation de l'équipe d'accueil :

L'équipe MOD recouvre plusieurs thèmes de recherche : optimisation numérique, optimisation non lisse, analyse variationnelle et non lisse, EDP, contrôle optimal et transport optimal de masse. Notre activité de recherche consiste à développer des outils d'analyse et des algorithmes de résolution en vue de les appliquer à l'étude théorique et à la résolution effective de problèmes d'optimisation et variationnels issus des sciences de l'ingénieur.

Financement : Lot 2: Sujet avec demande de financement institutionnel en cours

Spécialité de Doctorat : Mathématiques et leurs Interactions

Domaine de compétences principal: Mathématiques

Domaine de compétences secondaire: Mathématiques

Candidat :

Compétences souhaitées : Il est souhaitable que l'étudiant ai suivi au préalable un Master de Mathématiques comportant un module d'introduction à la théorie du contrôle optimal.

Conditions restrictives de candidature : Aucune

Date Limite de candidature : 8 juin 2017 - 18H