3GS2010 - Commande prédictive et commande optimale

Responsables : **Pedro RODRIGUEZ-AYERBE**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **50**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **24**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Ce cours a pour objectif de présenter les méthodes et concepts permettant d'analyser un cahier des charges concernant la commande d'un système dynamique, de concevoir une loi de commande pour un système complexe à partir d'un modèle dynamique nominal non linéaire, et d'implémenter une loi de commande se fondant notamment sur les algorithmes d'optimisation. Ce cours aborde et compare ainsi en particulier différentes approches de détermination de lois de commande basées soit directement sur le modèle non-linéaire soit sur une approximation linéaire : commande optimale (programmation dynamique, principe de Pontryagin, commande Linéaire Quadratique / LQR) et commande prédictive.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

SM10

Prérequis :

- SG1 : Convergence, Intégration, Probabilités, Equations aux dérivées partielles
- ST2 : Modélisation
- ST4 : Traitement du signal
- ST5 : Commande des systèmes dynamiques
- SD9 : Commande des systèmes complexes.

Plan détaillé du cours (contenu) :

Partie 1 : Commande optimale (CM : 6h, TD 3h, TP 3h)

Cette première partie a pour but de présenter et appliquer des méthodes de calcul de lois de commande optimale à partir d'une représentation d'état. Premièrement les résultats principaux liés à la commande optimale d'un système non-linéaire sont présentées via la programmation dynamique. Le principe du maximum de Pontryagin définissant les conditions d'optimalité est présenté et des méthodes numériques pour la résolution de la commande optimale sont traitées : la résolution du problème aux deux bouts par les méthodes de tir et l'étude des arcs singuliers. Après on aborde le cas particulier de la commande LQ, correspondant à la commande optimale à critère quadratique pour les systèmes linéaires. Elle présente enfin la commande en boucle ouverte et la génération des trajectoires.

- Programmation Dynamique
- Principe du maximum de Pontryagin
 - Résolution du problème aux deux bouts par les méthodes de tir
 - Etude des arcs singuliers
- Open-loop control et génération de trajectoire

Partie 2 : Commande prédictive (CM : 4,5h, TD 3h, TP 3h)

La partie "commande prédictive" a pour objectif de présenter les idées de base de la stratégie prédictive. Dans le cas général non-linéaire sous contraintes, les méthodes d'optimisation sous contraintes permettant l'élaboration de la loi de commande sont plus spécifiquement analysées en termes de faisabilité et de charge de calcul temps réel. Dans le cas particulier linéaire sans contrainte, aboutissant à l'élaboration du régulateur sous une forme RST équivalente, deux méthodes (GPC et PFC) sont plus spécialement développées et comparées, sous l'aspect performances et choix des paramètres de réglage. Des extensions à une structure cascade sont envisagées.

- Aspect anticipatif
- Contraintes
- Optimalité

Intervention industrielle (1,5h)

Déroulement, organisation du cours :

Ce cours est constitué de cours magistraux (CM), de TD et de TP.

Organisation de l'évaluation :

La note finale est calculée à partir de l'évaluation des rapports du travail réalisé dans 2 TP. La note prend en compte le travail de préparation, d'analyse et les résultats expérimentaux lors des séances de TP de 3h.

Moyens :

L'équipe enseignante constituée par :

M. Didier Dumur - Commande Prédictive (Cours/TD) - Département Automatique

Mme. Sihem Tebbani - Commande Optimale (Cours/TD/TP) - Département Mécanique Énergétique Procédés

M. Pedro Rodriguez-Ayerbe - Commande Prédictive (TD/TP) - Commande Optimale (TP) - Département Automatique

Salle de TP dédiée bâtiment Eiffel.

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable d'analyser un cahier de charges concernant la commande d'un système dynamique. A partir d'un modèle éventuellement non-linéaire du système dynamique ils seront aussi capables de choisir le modèle de synthèse, linéariser autour d'un point de fonctionnement ou non-linéaire, et la méthode de commande la plus appropriée pour vérifier le cahier des charges. Ils seront enfin capables de synthétiser la loi de commande et d'analyser les caractéristiques de performance et de robustesse obtenues avec cette commande.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

This course offers an opportunity to deepen skills C1.2, C1.3, C1.4, C2.1 and C2.2.

- Design a control law from a nominal dynamic model
- Analyzing a set of specifications concerning the control of a dynamic system
- Implementing an optimization-based control law

Bibliographie :

- P. Boucher, D. Dumur, "La commande prédictive", Collection Méthodes et pratiques de l'ingénieur, Editions Technip, Paris, 1996.
- J. M. Maciejowski, "Predictive control with constraints", Ed. Prentice Hall, Pearson Education Limited, Harlow, 2002.
- B. D. O. Anderson and J. B. Moore, Optimal Control - Linear Quadratic Methods, Prentice Hall, 1989.
- Bryson, A. E., Ho, Y. C., "Applied optimal control: optimization, estimation and control". CRC Press, 1975.