

Méthodes numériques pour les problèmes de contrôle échantillonné et applications aux modèles de Hill en biomécanique

Bernard BONNARD, IMB & INRIA - Dijon

Jérémy ROUOT, LMBA - brest

Dans la série d'articles [1, 2], nous développons diverses méthodes pour résoudre un problème de contrôle optimal échantillonné. Ces travaux sont motivés par le calcul de temps d'impulsions optimaux dans le cadre de la stimulation musculaire à partir de modèles mathématiques de force et de fatigue musculaire.

Dans ce contexte, le contrôle appartient à un espace de dimension finie. Les méthodes numériques utilisées sont d'origines différentes : soient basées sur des conditions nécessaires d'optimalité de type Pontryaguine et obtenir un système variationnel à résoudre (méthode indirecte), ou elles s'expriment comme un problème d'optimisation non-linéaire en dimension finie (méthode directe).

En vu d'élaborer un prototype industriel, nous nous focaliserons sur une méthode directe permettant une implémentation temps réel de la méthode numérique sur une carte programmable [3]. Cette méthode approche la fonction entrée-sortie du problème de contrôle comme une fonction dépendant des temps d'impulsions (en nombre fini) en exploitant d'une part la concavité des fonctions de Hill-Mentens-Michaelis et d'autre part la structure du contrôle qui est défini par morceaux.

Références

- [1] B. Bonnard, J. Rouot. *Geometric optimal techniques to control the muscular force response to functional electrical stimulation using a non-isometric force-fatigue model*, J. Geom. Mech., American Institute of Mathematical Sciences (AIMS), **48** (2020), pp.178–192.
- [2] T. Bakir, B. Bonnard, L. Bourdin, J. Rouot. *Pontryagin-Type Conditions for Optimal Muscular Force Response to Functional Electric Stimulations*, J. Optim. Theory Appl., **184** 2, (2020), pp.581–602.
- [3] Finite Dimensional Approximation to Muscular Response in Force-Fatigue Dynamics using Functional Electrical Stimulation, soumis 2021, 19 pages (avec T. Bakir, B. Bonnard, S. Gayraud).
id-hal : hal-03154450