

Contrôle optimal d'un réseau de neurones pour le recalage d'organe en temps réel en chirurgie augmentée

Stéphane COTIN, Équipe Inria Mimesis - Strasbourg

Guillaume MESTDAGH, Équipe Inria Mosaic - Lyon

Alban ODOT, Équipe Inria Mimesis - Strasbourg

Yannick PRIVAT, École des Mines de Nancy - Nancy

En chirurgie du foie assistée par ordinateur, des systèmes de réalité augmentée ont été développés pour aider le personnel du bloc opératoire à mieux visualiser la déformation des organes du patient. En effet, dans un cadre laparoscopique, le chirurgien interagit avec les organes indirectement à l'aide d'outils passés à travers la peau du patient, et cela rend la navigation difficile.

L'affichage d'une vue tri-dimensionnelle de l'organe déformé nécessite au préalable de calculer sa déformation en résolvant un problème de recalage élastique : un maillage représentant le foie dans sa configuration initiale est déformé pour épouser un nuage de point représentant une observation partielle de sa surface. Nous utilisons le formalisme du contrôle optimal pour traiter ce problème de recalage, car une telle formulation permet de décrire plus précisément la physique du problème, ce qui mène à des recalages de meilleure qualité [1].

Nous avons mis en place une méthode d'adjoint pour résoudre numériquement le problème. Toutefois, lorsqu'un modèle élastique non-linéaire est utilisé pour le foie, la résolution du problème direct (élasticité) par une méthode de Newton est long et peu commode. Impossible, dans ce cadre, de faire du recalage en temps réel.

Dans cet exposé, nous présentons une version accélérée de la méthode d'adjoint, dans lequel le problème d'élasticité est résolu au moyen d'un réseau de neurones [2]. Le réseau, un perceptron multi-couches, a été entraîné sur un ensemble de simulations par éléments finis utilisant un modèle néo-hookéen. Nous donnerons quelques informations sur le réseau et son intégration dans la méthode d'adjoint, et nous montrerons les premiers résultats obtenus avec la méthode d'adjoint accélérée. Bien qu'il reste quelques axes de progression, la méthode d'adjoint avec le réseau constitue une avancée non-négligeable vers un recalage de bonne qualité en temps réel.

- [1] S. Cotin, G. Mestdagh, Y. Privat. *Organ registration from partial surface data in augmented surgery from an optimal control perspective*. Proceedings of the Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences, **480(2281)**, 20230197, 2024. doi :10.1098/rspa.2023.0197.
- [2] A. Odot, G. Mestdagh, Y. Privat, S. Cotin. *Real-time elastic partial shape matching using a neural network-based adjoint method*. In B. Dorransoro, F. Chicano, G. Danoy, E.-G. Talbi, eds., *Optimization and Learning*, pp. 137–147. Springer Nature Switzerland, Cham, 2023.