

”Apprentissage supervisé par méthode Monte-Carlo de la dose en radiothérapie externe à partir des données machine et patient”

Valentin Lagedamon^{*1}, Pierre-Emmanuel Leni¹, Régine Gschwind¹

¹UBFC/LCE UMR CNRS 6249, 4 Place Tharradin, 25 200 Montbéliard, France

Introduction

D’après les statistiques de Google Scholar [1], les applications du Deep Learning en radiothérapie externe ont considérablement augmenté ces 10 dernières années couvrant chaque aspect du parcours patient en radiothérapie externe (de la segmentation automatique à la toxicité post-traitement). A ce jour, la prédiction de la dose en radiothérapie externe repose sur l’utilisation d’un réseau profond (*Deep Learning*) basé sur une architecture convolutionnelle (CNN). Les dérivés les plus populaires sont les architectures de type U-Net ou Res-Net [2, 3] avec une erreur sur la prédiction comprise entre 5% et 10%. En 2021, Neishabouri et *al.* [4] présentaient une étude de faisabilité d’utilisation de réseaux récurrents de type LSTM pour la prédiction de la dose en protonthérapie.

Materials & Methods

Pour cette étude, une nouvelle architecture basée sur l’utilisation des données machine et patient [2, 5] a été développée pour prédire la fluence 2D puis la distribution de dose dans le patient dans le cas du traitement du cancer de la prostate en VMAT. Pour ce faire, 10 patients atteints d’un cancer de la prostate traités à l’HNFC sur un Clinac 2100C (Varian) et calculés via l’algorithme AAA sur le TPS Eclipse ont été récupérés. Pour chaque patient, les positions des lames du MLC ont été extraites du fichier DICOM pour construire une représentation *beam eye view* binaire du MLC pour chaque point de contrôle de chaque arc de traitement (178).

Dans un premier temps, les espaces des phases ont été générés avec le code EGSnrc [6] et les distributions de fluence ont été calculées avec l’acteur de fluence de GEANT4/GATE [7] pour une DSP donnée. Le 1^{er} réseau profond supervisé par les simulations Monte-Carlo a été construit à partir des bibliothèques Tensorflow et Keras en python. Les performances du réseaux ont été évaluées à partir de deux métriques (MSE et SSIM).

Dans un second temps, la fluence prédite par le premier réseau est à son tour utilisée comme entrée dans le deuxième réseau, avec le CT-Scan du patient, pour prédire la distribution de dose pour un point de contrôle. La dose totale est reconstruite par sommation des 178 distributions de doses prédites (DosXYZnrc). Le second réseau à apprentissage supervisé par méthode Monte-Carlo est basé sur l’architecture ConvLSTM2D [8] combinant les opérations de convolution à la mémoire par récurrence défini par les cellules LSTM. Les performances du réseaux ont été évaluées en étudiant l’indice gamma, les HDV et les isodoses.

Références

- [1] Philippe Meyer, Vincent Noblet, Christophe Mazzara, and Alex Lallement. Survey on deep learning for radiotherapy. *Computers in biology and medicine*, 98 :126–146, 2018.
- [2] C Kontaxis, GH Bol, JJW Lagendijk, and BW Raaymakers. Deepdose : towards a fast dose calculation engine for radiation therapy using deep learning. *Physics in Medicine & Biology*, 65(7) :075013, 2020.
- [3] Dan Nguyen, Xun Jia, David Sher, Mu-Han Lin, Zohaib Iqbal, Hui Liu, and Steve Jiang. 3d radiotherapy dose prediction on head and neck cancer patients with a hierarchically densely connected u-net deep learning architecture. *Physics in medicine & Biology*, 64(6) :065020, 2019.
- [4] Ahmad Neishabouri, Niklas Wahl, Andrea Mairani, Ullrich Köthe, and Mark Bangert. Long short-term memory networks for proton dose calculation in highly heterogeneous tissues. *Medical Physics*, 48(4) :1893–1908, 2021.
- [5] Georgios Kalantzis, Luis A Vasquez-Quino, Travis Zalman, Guillem Pratz, and Yu Lei. Toward imrt 2d dose modeling using artificial neural networks : a feasibility study. *Medical physics*, 38(10) :5807–5817, 2011.
- [6] I Kawrakow and DWO Rogers. The egsnrc code system. *NRC Report PIRS-701*, NRC, Ottawa, page 17, 2000.
- [7] David Sarrut, Manuel Bardiès, Nicolas Bousson, Nicolas Freud, Sébastien Jan, Jean-Michel Létang, George Loudos, Lydia Maigne, Sara Marcatili, Thibault Mauxion, et al. A review of the use and potential of the gate monte carlo simulation code for radiation therapy and dosimetry applications. *Medical physics*, 41(6Part1) :064301, 2014.
- [8] Xingjian Shi, Zhourong Chen, Hao Wang, Dit-Yan Yeung, Wai-Kin Wong, and Wang-chun Woo. Convolutional lstm network : A machine learning approach for precipitation nowcasting. *Advances in neural information processing systems*, 28, 2015.