
Qualité des plans en radiothérapie stéréotaxique rachidienne : évaluation de la robustesse dosimétrique en lien avec la complexité du plan

Laurent Bartolucci^{*†1}, Florence Arbor¹, Anthony Richert¹, Halima Elazhar¹, Delphine Jarnet¹, Claudine Niederst¹, Nicolas Dehaynin¹, and Philippe Meyer¹

¹Institut public de Cancérologie Strauss Europe – – France

Résumé

Introduction : En radiothérapie, la qualité du plan de traitement ne se résume pas à obtenir une couverture optimale du volume cible tout en respectant des contraintes strictes aux organes à risque. Elle dépend également de la complexité du plan et de la robustesse aux erreurs de repositionnement patient (Hernandez et al., 2020). Or, des plans présentant des niveaux de complexité différents peuvent conduire à des distributions de dose comparables. L'objectif de cette étude est d'évaluer, en radiothérapie stéréotaxique rachidienne (SBRT rachidienne), le lien entre la complexité des plans et leur robustesse dosimétrique.

Matériel et méthodes : Cette étude rétrospective a été réalisée à partir des plans VMAT de 20 patients traités par SBRT rachidienne, planifiés sur le TPS Eclipse (v17.0) et calculés à l'aide de l'algorithme Acuros XB (v17.0.1, Dm). La dose de prescription dans le PTV était de 30 Gy en 3 fractions de 10 Gy à l'isocentre avec une isodose d'enveloppe de 90 %. La sélection des plans a été faite dans l'objectif de couvrir une large plage de complexité, définie par l'indice $MI = (1 - MCSv) \times SAS(7,5 \text{ mm})$, combinant MCSv (Modulation Complexity Score applied to VMAT, Masi et al., 2013) et SAS (Small Aperture Score, Crowe et al., 2014), calculé pour chaque arc et pondéré par les unités moniteur pour obtenir un indice global par plan. Un script ESAPI directement intégré dans le TPS a été développé afin de recalculer chaque plan avec des décalages isocentriques simulés ($\pm 1 \text{ mm}$ et $\pm 2 \text{ mm}$ selon x, y et z, soit 12 décalages par plan), reproduisant des erreurs rigides de repositionnement patient. Les métriques dosimétriques extraites pour chaque scénario incluaient le volume du PTV recevant au moins 90 % de la dose prescrite (V90%) ainsi que la dose maximale (Dmax) du sac dural, retenu comme structure de référence pour les contraintes médullaires en SBRT rachidienne (Sahgal et al., 2021). La sensibilité dosimétrique aux erreurs de repositionnement, définie comme la moyenne des variations sur l'ensemble des décalages simulés, a été corrélée à la complexité des plans par une analyse de Spearman (ρ), avec un seuil de significativité fixé à $p < 0,05$.

Résultats : Les 20 plans sélectionnés couvrent une large plage de complexité (MI de 0,077 à 0,632 - plus l'indice tend vers 1, plus le plan est complexe). Les décalages simulés induisent en moyenne une augmentation de la Dmax du sac dural (+0,9 à +4,1 Gy selon les plans, pour une Dmax de référence comprise entre 13 et 18 Gy) et une réduction de la V90% du PTV (-2,2 à -5,6 %). Une corrélation forte et significative est observée entre la complexité des plans

^{*}Intervenant

[†]Auteur correspondant: l.bartolucci@institut-strauss.fr

et la sensibilité dosimétrique aux erreurs de repositionnement pour la Dmax du sac dural ($\rho = +0,69$, $p = 0,0008$), suggérant un lien direct entre complexité et robustesse dosimétrique en SBRT rachidienne. Pour les plans les plus complexes, ces variations pourraient conduire à un rapprochement, voire un dépassement, des contraintes limites. En revanche, la diminution de la V90% du PTV sur l'ensemble des décalages simulés, bien que systématique (environ -3% en moyenne), ne présente qu'une corrélation faible et non significative avec la complexité des plans ($\rho = -0,31$, $p = 0,19$), suggérant plutôt une influence prépondérante de facteurs anatomiques inter-patients.

Conclusions : Cette étude démontre que la complexité des plans VMAT en SBRT rachidienne est significativement corrélée à leur sensibilité dosimétrique aux erreurs de repositionnement, en particulier au niveau du sac dural. Ces résultats soulignent l'intérêt d'intégrer l'évaluation de la robustesse et de la complexité aux métriques dosimétriques pour une appréciation globale de la qualité des plans, et plaident pour une limitation de la complexité lorsque des distributions de dose équivalentes peuvent être obtenues.

Mots-Clés: Radiothérapie, Stéréotaxie, SBRT, Rachis, Complexité, Dosimétrie, Robustesse, VMAT, Qualité, Scripting, ESAPI