
Repositionnement à 6 degrés de liberté en radiothérapie guidée par imagerie : évaluation et vérifications périodiques des dispositifs 2D-kV-ExacTrac Dynamic (Brainlab) et 3D-kV-CBCT (XVI, Elekta) à l'aide du fantôme Ruby (PTW)

Suna Da Fonseca^{*1}, Nathalie Fournier-Bidoz¹, Clément Ringuenoire¹, Mesut Aydin¹, Marc André Boivin¹, Alae-Eddine Mhamedi¹, Ousmane Ndiaye, Céline Berthold^{*†1}, and Aicha Traoré-Diallo^{*‡1,2}

¹Institut Gustave Roussy – Service de physique médicale, Gustave Roussy, 94805 Villejuif – France

²Institut Gustave Roussy – INSERM U1030, Gustave Roussy, Université Paris-Saclay, Villejuif, France – France

Résumé

Introduction : Les avancées technologiques des dernières décennies telles que la radiothérapie guidée par l'image (Image-Guided RadioTherapy, IGRT) ont permis d'améliorer la précision du positionnement du patient entre le scanner de planification et le traitement. Nos pratiques cliniques ont ainsi évolué passant d'un repositionnement quotidien en 3 degrés de liberté basé uniquement sur des translations, à un repositionnement en 6D intégrant les rotations. La mise en place d'un programme d'assurance qualité est désormais devenue essentielle, avec pour objectifs de suivre et d'analyser dans le temps la stabilité des performances en terme de fusion automatique et de précision du repositionnement 6D.

Matériel et méthodes : L'étude a été réalisée sur deux accélérateurs linéaires Versa HD (Elekta), équipés de table Hexapod et du logiciel IGuide. Le recalage des images est effectué par deux systèmes d'imagerie : le système 3D-kV-CBCT XVI (CBCT, Elekta) et le système 2D-kV ExacTrac Dynamic (ETD, Brainlab). Afin d'évaluer simultanément la précision de la fusion d'images automatique et celle du repositionnement 6D, le fantôme Ruby (PTW) a été utilisé comme outil de validation des performances des dispositifs. Il se compose de l'insert Linac QA (PTW) contenant une bille centrale de 8mm de diamètre et de quatre cylindres simulant des tissus osseux visibles en imagerie kV et MV ainsi qu'une base inclinée permettant de simuler des décalages connus à six degrés de liberté (3 translations et 3 rotations). L'alignement du fantôme sur ses marques rouges, comparé à sa position au scanner de planification (marques noires) simule les décalages dans les trois plans : coronal (-12mm/-1°), transversal (-10mm/+2,5°) et sagittal (+15mm/+1,5°). Une imagerie pré positionnement (fantôme sur marques rouges) évalue la qualité de la fusion automatique et compare les

*Intervenant

†Auteur correspondant: CELINE.BERTHOLD@gustaveroussy.fr

‡Auteur correspondant: aicha.traore-diallo@gustaveroussy.fr

décalages théoriques aux valeurs calculées. Une imagerie post positionnement permet de vérifier la position de la table Hexapod après application des décalages et d'analyser les décalages résiduels. Une vérification visuelle de la coïncidence de la position finale du fantôme par rapport aux lasers est effectuée. Les données de ce contrôle hebdomadaire, couvrent la période de février 2024 à février 2025. La tolérance appliquée est de 1mm/1° pour l'imagerie pré-positionnement et de 0,5mm/0,5° pour les données résiduelles. La tolérance sur l'analyse visuelle a été fixée à 2mm.

Résultats : Les écarts entre les valeurs théoriques et mesurées après fusion automatique restent dans les tolérances pour les deux Versa HD (Elekta). La moyenne des écarts en transversal est de 0,92mm±0,16mm (CBCT) et 0,94mm±0,26mm (ETD). Les écarts en coronal et sagittal sont de -0,58mm±0,35mm et -0,69mm±0,28mm (CBCT) et -0,41mm±0,23mm et -0,32mm±0,24mm (ETD). Les écarts maximaux en rotations restent en deçà de ±0,7°. Après repositionnement les décalages maximums sont de ±0,12mm et ±0,23°. L'analyse visuelle du fantôme est dans les critères de 2mm.

Conclusion : Cette étude nous a permis de valider notre programme d'assurance qualité concernant le suivi de la performance de nos systèmes d'imagerie permettant d'obtenir une fusion automatique et un repositionnement 6D précis conformément à nos tolérances. D'autre part, ce travail permet d'affiner les protocoles IGRT en fonction de la sensibilité de chaque système d'imagerie. Il serait intéressant d'intégrer le système surfacique dans cette étude afin de combiner IGRT et SGRT pour un traitement optimal des patients.

Référence :

- Décision du 28/02/2023 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de radiothérapie externe et de radiochirurgie
- RAPPORT SFPM N°35

Mots-Clés: IGRT, Repositionnement 6D, Fantôme Ruby PTW, XVI (Elekta), Exactrac Dynamic (Brainlab)