

---

# Evaluation d'un algorithme de recalage déformable de type B-spline via l'utilisation de fantômes numériques et d'un fantôme physique pour le cumul de dose

Aurélien Badey\*<sup>1</sup>, Sophie Tolsa<sup>1</sup>, Veronique Bodez<sup>1</sup>, Catherine Khamphan<sup>1</sup>, Enric Jaegle<sup>1</sup>, Maria Elena Alayrach<sup>1</sup>, Paul Martinez<sup>1</sup>, and Robin Garcia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Sainte-Catherine, Avignon – Institut Sainte-Catherine – 250 Chemin de Baigne Pieds, 84918 Avignon Cedex 9, France

## Résumé

### Introduction:

La radiothérapie adaptative (ou Adaptive Radiotherapy (ART)) est une technique qui permet de minimiser l'impact dosimétrique des changements anatomiques qui peuvent se présenter au cours du traitement. L'un des éléments-clés pour la mise en œuvre de l'ART pour le cumul de doses est l'application d'un recalage déformable (RD) d'une image acquise au cours du traitement vers l'image initiale de planification. Cette étude propose une méthode de caractérisation, d'évaluation de performance et de précision de l'algorithme de recalage déformable B-spline implémenté dans Velocity® v.3.2.0 (Varian Medical Systems, E-U).

### Matériel et méthodes:

L'évaluation était menée avec deux types de données : des fantômes numériques, et un fantôme physique ("Phydeform") développé dans le service. Le logiciel ImsimQA™ (OSL, G-B) fournissait une bibliothèque de fantômes numériques, et la possibilité de générer des déformations. Des scénarios de déformation sur formes simples étaient créés et deux séries d'images étaient systématiquement obtenues pour chaque déformation induite: *CTinitial* et *CTdéformé*. L'évaluation portait sur la comparaison de champs vecteurs de déformation via des histogrammes d'erreur et la comparaison de contours via les métriques DICE et DMC (distance moyenne de conformité). Cette dernière était réalisée entre les contours déformés obtenus par Velocity® et les contours d'expert sur le *CTdéformé*. L'influence de la taille du voxel sur le RD était également évaluée.

Le fantôme physique "Phydeform" de forme cubique et composé d'un matériel homogène était utilisé pour évaluer la déformation spatiale à l'aide de marqueurs et la déformation de dose avec des détecteurs de type TLD (IRSN, France) et MOSFET's (Best Medical, Canada). Deux séries d'images étaient comparées : *CTnon-déformé* et *CTdéformé* obtenu suite à l'application d'une compression uniforme sur le matériel constitutif du fantôme. La position des marqueurs était évaluée entre le référentiel initial et déformé. Trois irradiations à bras fixe étaient réalisées, les conditions d'irradiation étaient choisies pour mettre en relief

---

\*Intervenant

la variation de dose entre l'état de référence et l'état déformé du fantôme. La valeur de dose " déformée " obtenue après application du recalage déformable était comparée à la mesure ponctuelle issue des détecteurs.

### **Résultats:**

Sur fantômes numériques, les valeurs de Dice sont en moyenne de 0.83 ( $2\sigma = \pm 0.1$ ) et de 1.8mm pour le DMC pour les scénarios de déformation testés. Pour la comparaison des champs vecteurs de déformation, le critère 95% des voxels ne devant pas excéder 2mm est respecté. Une taille de voxel réduite améliore les résultats obtenus.

La comparaison de la position de marqueurs entre référentiel " non déformé – déformé " et " non déformé – déformé après RD " donne une incertitude associée au " mapping " de voxels en moyenne de 10.3%. En termes de dose, l'incertitude associée au " mapping " de voxels est de 4,3% pour les MOSFET's et 10.4% pour les TLD's.

### **Conclusion:**

La mise en service d'un logiciel ART nécessite une validation de la déformation des images et du cumul de dose. Les résultats obtenus sur fantômes numériques et physique permettent d'envisager la mise en œuvre des premières applications cliniques à l'aide du logiciel Velocity®.

**Mots-Clés:** Radiothérapie adaptative, recalage d'images déformable, fantômes numériques, fantômes physiques, cumul de dose