

DEVELOPPEMENT D'UN NOUVEAU MODELE DE SOURCES VIRTUELLES POUR LA PREDICTION MONTE-CARLO D'IMAGES EPID ET IMPLEMENTATION DANS PENELOPE

I. CHABERT¹, D. LAZARO¹, E. BARAT¹, T. DAUTREMER¹, T. MONTAGU¹,
M. AGELOU¹, P. DUPUIS², F. GASSA², L. DE CARLAN¹

¹ CEA LIST, 91191 Gif-sur-Yvette;

² Unité de Physique Médicale, service de radiothérapie, Centre Léon Bérard, 69008 Lyon

Contexte et objectifs

Les imageurs EPID (Electronic Portal Imaging Devices) sont couramment utilisés pour le contrôle qualité, et par extension à la dosimétrie *in vivo*, des techniques d'irradiation avec modulation d'intensité en radiothérapie externe. On peut par exemple vérifier la délivrance correcte du traitement en comparant l'image EPID acquise pendant le traitement avec une image de référence calculée au préalable. Une méthode de prédiction de cette image de référence, basée sur la méthode Monte Carlo (MC), a été développée récemment dans notre laboratoire¹ : elle produit des images précises ayant la même résolution que les images acquises. Le déploiement de cette méthode en routine clinique se heurte encore à la nécessité de disposer de fichiers d'espace des phases (PSF) de taille très importante (plusieurs centaines de giga-octets). Un nouveau modèle de sources virtuelles (MSV), représenté par des lois conditionnelles, est proposé ici pour caractériser de façon plus compacte et tout aussi précise le faisceau d'irradiation.

Matériel et méthodes

Chaque particule est décrite par son rayon r_s dans le plan du PSF, son énergie E et ses angles azimutal θ_d et polaire φ_d qui décrivent la déviation de la particule par rapport à la direction qu'elle aurait eu sans interaction après sa création par rayonnement de freinage au centre de la cible. La fonction d'espace des phases s'écrit alors :

Equation (1)

$$F(E, r_s, \varphi_d, \theta_d) = f_1(E|r_s, \varphi_d, \theta_d) \cdot f_2(\theta_d|r_s, \varphi_d) \cdot f_3(\varphi_d|r_s) \cdot f_4(r_s)$$

Contrairement aux autres MSV proposés dans la littérature, ce MSV considère l'ensemble des corrélations entre les caractéristiques des particules.

Un PSF de référence a été calculé en sortie du cône égalisateur à partir d'un modèle MC validé de l'accélérateur linéaire Synergy (Elekta) équipé d'un collimateur multi-lames MLCi2. Les particules du PSF de référence ont été triées grâce à la variable LATCH, puis classées en trois sous-groupes suivant le lieu de dernière interaction (cible, collimateur primaire ou cône égalisateur). Pour chaque sous-groupe, un histogramme 4D corrélé a été dérivé suivant l'équation (1).

Le MSV est en cours d'implémentation dans le code MC PENELOPE. Sa précision sera vérifiée en comparant le PSF reconstruit à partir du MSV au PSF de référence, les distributions de dose dans l'eau calculées à partir du MSV et du PSF de référence, et les images EPID simulées à partir du PSF de référence et du MSV.

Résultats

La Figure 1 montre quelques histogrammes corrélés 2D représentant, pour chaque sous-source, les spectres 2D de l'énergie des particules selon leur position radiale dans le PSF. Il existe des points communs aux trois sources : On observe peu de particules au-delà de l'ouverture du collimateur primaire (4,5 cm de l'axe central). Le pic à 511 keV correspondant aux photons formés par annihilation est toujours visible. L'allure des histogrammes dépend cependant largement de la sous-source représentée : la cible produit des photons plus énergétiques que le collimateur primaire ou le cône égalisateur. Pour ces deux sources, des photons de plus faible énergie sont enregistrés au-delà de 4,5 cm, car déviés de manière importante.

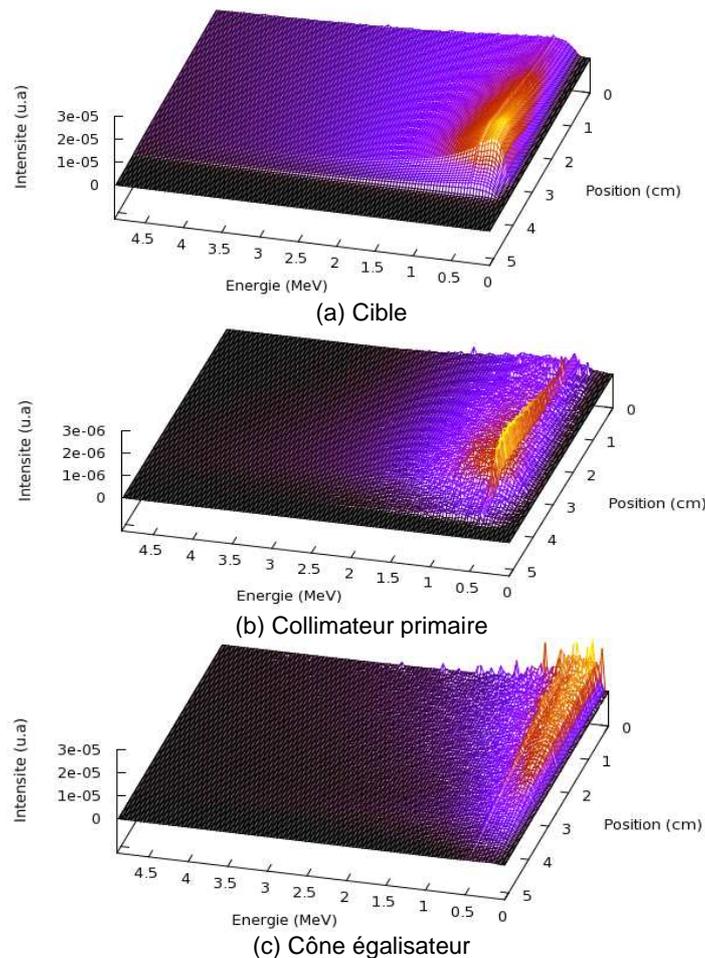


Figure 1 : Histogrammes corrélés décrivant les distributions 2D de l'énergie selon la position radiale des particules pour chaque source.

Conclusions et perspectives

Un nouveau MSV prenant en compte toutes les corrélations entre les variables caractérisant les particules du PSF a été développé. Il permettra par la suite de calculer des images EPID de référence précises utiles à la vérification des traitements en radiothérapie.

Références

1. Lazaro, D. *et al.* Denoising techniques combined to Monte Carlo simulations for the prediction of high-resolution portal images in radiotherapy treatment verification. *Phys. Med. Biol.* **58**, 3433 (2013).