

Développement d'un modèle Monte Carlo pour la caractérisation dosimétrique des faisceaux de photons de petites dimensions utilisés en radiothérapie stéréotaxique.

C. Moignier¹, T. Lacornerie², C. Huet¹

1- Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Direction de la RadioProtection de l'Homme, Service de Dosimétrie Externe, Laboratoire de Dosimétrie des Rayonnements Ionisants, Fontenay aux Roses

2- Centre Oscar Lambret, Lille

Introduction

La dosimétrie des faisceaux de photons de petites dimensions utilisés en radiothérapie stéréotaxique est problématique du fait des caractéristiques physiques de ces faisceaux : petite taille, manque d'équilibre électronique latéral... En 2009, l'IRSN a initié un programme de recherche visant à caractériser et à mettre en œuvre des techniques dosimétriques adaptées ainsi qu'à définir les méthodologies nécessaires à une mesure fiable, exacte, précise et reproductible de la dose dans les minifaisceaux. Dans ce cadre, des mesures de facteur d'ouverture de collimateur (FOC) ont été réalisées sur trois types d'installations délivrant des mini-faisceaux (CyberKnife[®] et accélérateurs linéaires équipés de collimateurs coniques ou d'un micro-MLC) à l'aide de détecteurs actifs du commerce dédiés à ce type de mesure et de deux dosimètres passifs utilisés au laboratoire pour d'autres applications et possédant des caractéristiques intéressantes (résolution spatiale, équivalence tissu) pour cette application. Une dispersion des valeurs de FOC mesurées avec les différents détecteurs pouvant atteindre 20% a été observée pour les plus petites tailles de champ. Afin d'approcher la valeur « vraie » des FOC et déterminer le ou les détecteurs adaptés pour ce type de mesure, des simulations Monte Carlo d'un CyberKnife[®] ont été réalisées.

Matériels et méthodes

Le CyberKnife[®] du Centre Oscar Lambret (COL) a été modélisé à l'aide du code Monte Carlo PENELOPE à partir des données fournies par le fabricant (Accuray). Le faisceau primaire d'électrons incidents a été modélisé par une distribution mono-énergétique radiale gaussienne. L'ajustement des paramètres du faisceau (énergie et largeur à mi-hauteur) a été réalisé, par itérations successives, en comparant des profils de dose, des rapports tissu-maximum (RTM) ainsi que des rendements en profondeur calculés d'une part et mesurés d'autre part pour la plus grande taille de champ disponible sur le CyberKnife[®] (60 mm). Les FOC ont ensuite été calculés pour les tailles de champ de 5, 7,5, 10 et 20 mm de diamètre et comparés aux FOC mesurés à l'aide des différents détecteurs actifs (diodes (PTW 60016 et 60017, Sun Nuclear EDGE, IBA SFD), chambre Pinpoint PTW 31014 et diamant PTW 60003) et des deux dosimètres passifs (dosimètres thermoluminescents de μ -LiF, films radiochromiques EBT2).

Résultats

Concernant l'ajustement du faisceau, il a été montré que les RTM et les profils de dose permettaient respectivement d'ajuster l'énergie du faisceau et la largeur à mi-hauteur de la distribution radiale. Après itérations successives, un bon accord entre les données calculées et mesurées a été obtenu avec un faisceau de 7 MeV et de 2,2 mm de largeur à mi-hauteur. La comparaison des FOC calculés et mesurés montre que les diodes PTW 60016 et 60017 et Sun Nuclear EDGE surestiment systématiquement le FOC, l'écart augmentant lorsque la taille de champ diminue (environ 6% pour le champ de 5 mm). La diode SFD et le diamant PTW donnent des résultats comparables à ceux calculés, respectivement pour toutes les tailles de champ et pour les champs à partir de 7,5 mm de diamètre. Enfin, les valeurs de FOC mesurés avec les dosimètres passifs sont proches des valeurs calculées pour toutes les tailles de champ (écart inférieur à 2%).

Conclusion

Les valeurs de FOC du CyberKnife[®] du COL ont été calculées par Monte Carlo pour des champs de 5, 7,5, 10 et 20 mm de diamètre et comparés à ceux obtenus expérimentalement avec différents détecteurs. Les résultats obtenus avec les deux dosimètres passifs sont très prometteurs et s'ils sont confirmés, ceux-ci pourraient être utilisés comme dosimètres de référence pour la mesure de FOC dans les mini-faisceaux.